



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

### **Usage guidelines**

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

### **About Google Book Search**

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>



## Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

## Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

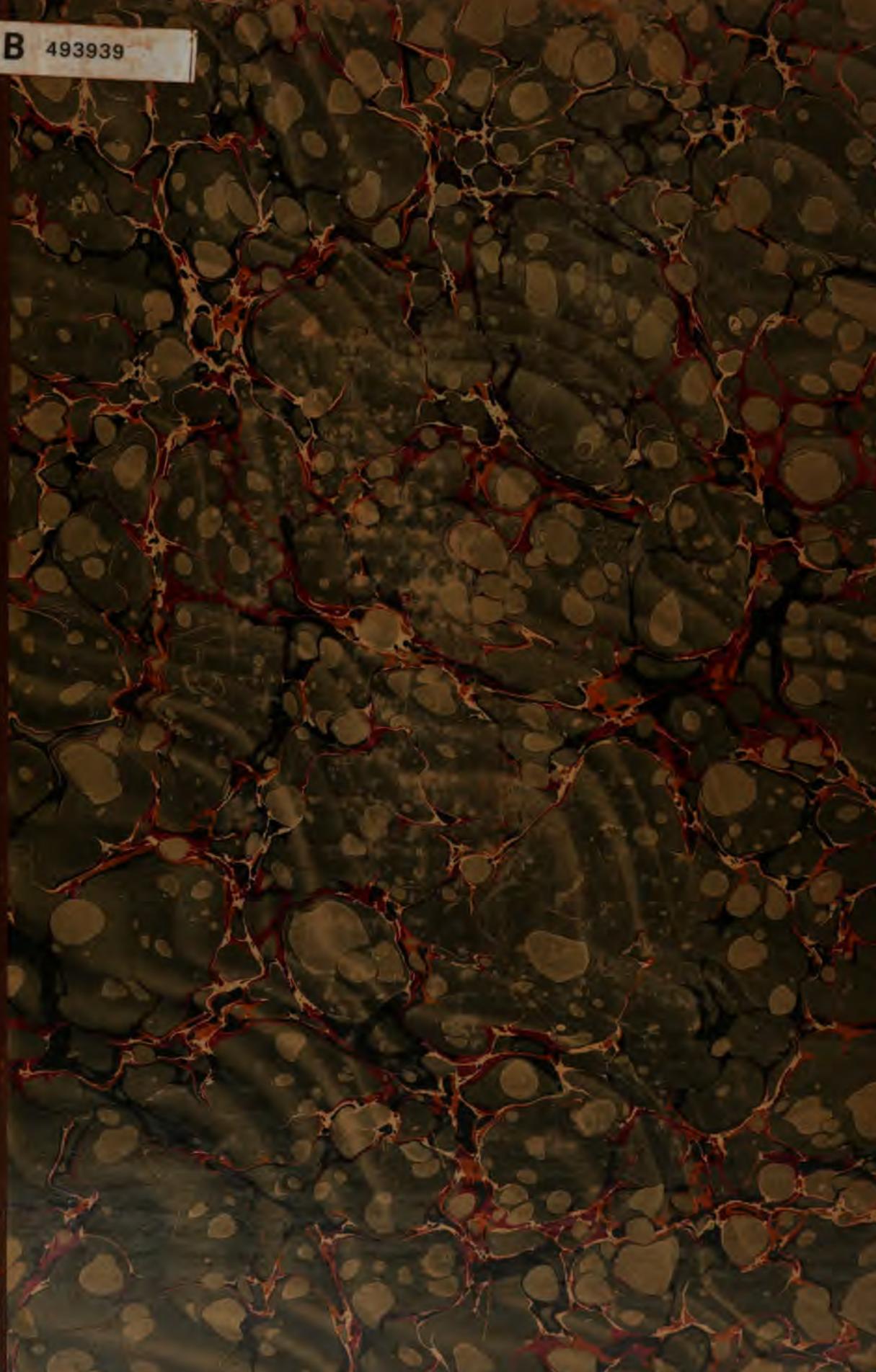
Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

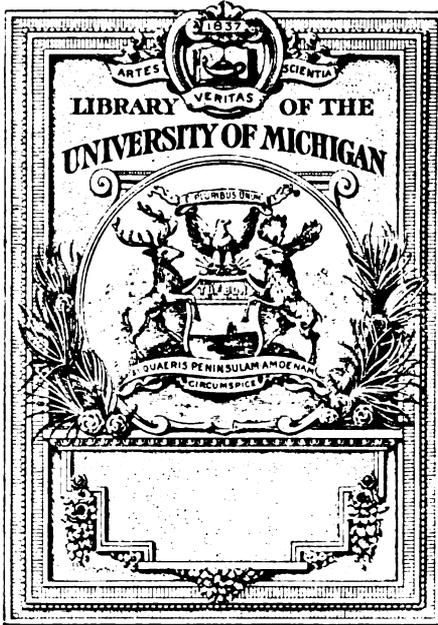
- + *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.
- + *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.
- + *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.
- + *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

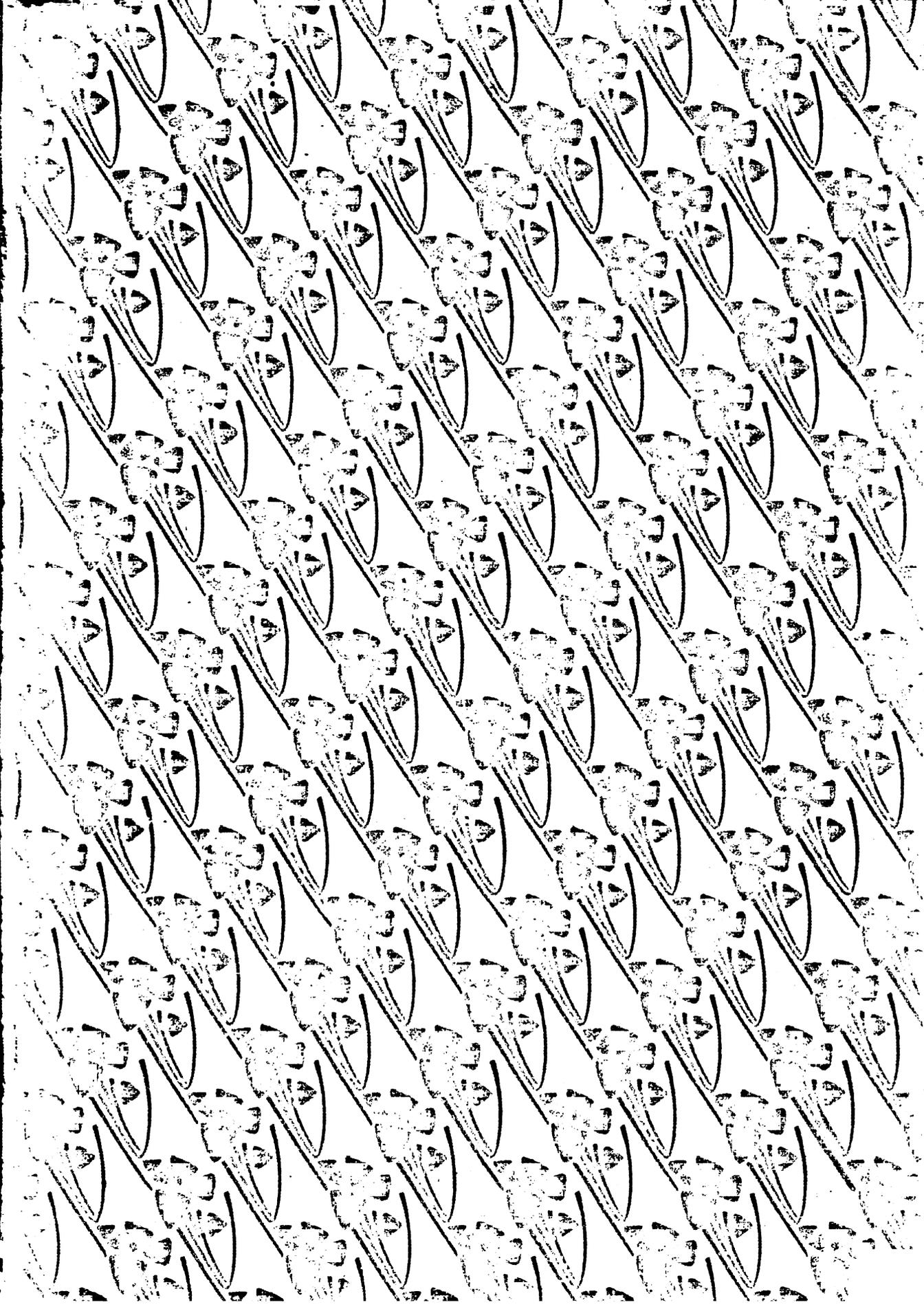
## Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter <http://books.google.com> durchsuchen.

B 493939







SCIENCE LIBRARY

TN  
263  
.S82

# Die Erzlagerstätten.

Unter Zugrundelegung der von

**Alfred Wilhelm Stelzner**

hinterlassenen Vorlesungsmanuskripte und Aufzeichnungen

bearbeitet von

**Dr. Alfred Bergeat,**

Professor der Mineralogie und Geologie an der  
kgl. preuß. Bergakademie zu Clausthal i. Harz.

**I. Hälfte.**

Mit 100 Abbildungen und einer Karte.

---

— DDC —

**Leipzig.**

Verlag von Arthur Felix.

1904.

-----  
**Alle Rechte, insbesondere das der  
Übersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten.**

## Vorwort.

Aus voller Schaffenskraft, im Alter von kaum 55 Jahren, wurde Alfred Wilhelm Stelzner am 25. Februar 1895 durch einen frühzeitigen Tod hinweggenommen. Mit ihm verlor die Freiburger Bergakademie einen ihrer hervorragendsten Vertreter und Lehrer, die Geologie einen rastlosen Mitarbeiter, von dessen weitumfassendem Wissen und Scharfsinn sie noch manche Förderung zu erwarten hatte. Diejenigen, welche dem Toten zunächst gestanden hatten, wußten, daß er sich seit längerer Zeit mit dem Plan zu einigen größeren Veröffentlichungen trug, deren Fertigstellung ihm nicht mehr vergönnt sein sollte. Angeregt durch mehrere Freunde Stelznerns faßten seine Geschwister eine Herausgabe der hinterlassenen Manuskripte ins Auge, und ich übernahm es als eine Verpflichtung gegen das Andenken des Verstorbenen, dessen Assistent ich bis dahin gewesen war, dieselbe zu besorgen. Ich erhielt daraufhin die Kenntnis von zwei Manuskripten, von denen das eine, von den Silber- und Zinnerzlagernstätten Bolivias handelnde, ich schon vor mehreren Jahren an die Öffentlichkeit bringen konnte, während nun das andere die Grundlage dieses, fast zehn Jahre nach Stelznerns Tode erscheinenden Buches bildet.

Es war in weiteren Kreisen bekannt, daß Stelzner die Herausgabe eines großen Werkes über Erzlagernstätten beabsichtigte und daß er hierfür eifrig Material sammelte. In seinem Nachlasse fand sich tatsächlich ein sehr umfangreiches handschriftliches Material, welches, wie man annahm, das Manuskript zu diesem Werke darstellte und mir als solches anvertraut wurde. Bei der Durchsicht desselben ergab sich, daß es nicht für den Druck bestimmt und in der vorliegenden Form nicht druckfertig war. Es erwies sich teilweise als das Manuskript zu Stelznerns dreistündiger Vorlesung über Erzlagernstätten, wie es sich in mehr oder weniger ausführlicher Nachschrift in den Händen vieler seiner Zuhörer befindet und damit eine weitere Verbreitung gefunden hat, und außerdem enthält die Mehrzahl der Blätter seine mit unermüdlichem Fleiße zusammen-

getragenen Literaturnotizen. Mit großer Ausführlichkeit sind dort die allgemeinen Abschnitte, sehr kurz dagegen die Einzelbeschreibungen der meisten Lagerstätten selbst bearbeitet; vielfach fehlen die letzteren überhaupt ganz. Eine Ergänzung zu Stelzners Vortrag bildeten die Demonstrationen in der Lagerstättenammlung. Sie war größtenteils von Stelzner zusammengebracht und von ihm aufs sorgfältigste durchgearbeitet worden; ihre Anordnung ging der Vorlesung parallel und in ihren Etiketten birgt sie eine große Menge von Studienresultaten, welche in dem Manuskripte selbst fehlen oder nur angedeutet sind, in dem beabsichtigten Buche aber offenbar eine ausführliche Berücksichtigung gefunden hätten. Sie bilden neben dem Vorlesungsmanuskript und den Literaturnotizen gewissermaßen einen dritten, sehr wichtigen Teil in Stelzners wissenschaftlichem Nachlaß; die Freiburger Lagerstättenammlung ist bei der Ausarbeitung dieses Buches nicht benutzt worden. Entsprechend seinem nächsten Zwecke hielt sich das Manuskript von jeder Polemik fern, die Ergebnisse von Stelzners persönlichen Reisen und Beobachtungen sind darin nur beiläufig erwähnt, und es versteht sich von selbst, daß sehr vieles, was sein Denken täglich bewegte und was er wohl in einem Buche niedergelegt haben würde, sich in diesen Aufzeichnungen nicht vorfindet.

Nach alledem konnte von einem unveränderten Abdruck des Nachlasses keine Rede mehr sein. Ich mußte mich entschließen, das Vorhandene zu ergänzen; innerhalb der langen hierzu erforderlichen Zeit machte sich aber auch eine Neubearbeitung und häufig eine Umarbeitung des schon Niedergeschriebenen nötig, wenn das beabsichtigte Buch nicht schon bei seinem Erscheinen veraltet sein sollte. Aus diesen Rücksichten wird man verstehen, wenn ich erst heute in der Lage bin, das vor Jahren gegebene Versprechen einzulösen.

Betreffs mancher Fragen der Lagerstättengeologie hat sich seit Stelzners Tode eine lebhaftete Diskussion entwickelt, einige der von ihm vorgetragene Ansichten sind bestritten worden; daraus ergab sich für mich die Notwendigkeit einer Stellungnahme, die dazu führte, daß manche Abschnitte ausführlicher werden mußten, als sie vielleicht sogar in Stelzners eigenem Buche vor zehn Jahren ausgefallen wären. Wo nach meiner Ansicht tatsächliche Fortschritte in den einschlägigen Wissenschaften vorliegen, habe ich sie zur Geltung gebracht, auch wenn es unter Preisgabe der Auffassungen Stelzners geschehen mußte. Die letzteren sind dann wenigstens kurz gekennzeichnet worden. Abschnitte theoretischen Inhalts, welche meine eigenen Anschauungen wiedergeben oder von mir erst eingeschoben worden sind, habe ich durch \* \* am Anfang und Ende kenntlich gemacht. Im übrigen sind gerade die Kapitel allgemeineren Inhalts möglichst in der von Stelzner hinterlassenen Form und in derselben Reihenfolge wiedergegeben, und es betrifft das ganz besonders die einleitenden Abschnitte und die allgemeinen Schilde-

rungen der Ganggeologie; bei letzteren hatte ich um so weniger Grund zu größeren Änderungen, als Stelzner gerade dieses Gebiet, gemäß einer alten Freiburger Tradition, besonders gepflegt hat. Die Beschreibungen der einzelnen Erzlagerstätten sind sämtlich von mir neu bearbeitet worden und, wie schon gesagt, ausführlicher als bei Stelzner. Meine Berufung nach Clausthal gab mir Gelegenheit, die dortigen Lagerstättenansammlungen zu studieren und fortgesetzt reichliches weiteres Untersuchungsmaterial zu beschaffen; allen Herren, welche mir dabei bereitwilligst durch Sendungen und Auskünfte meine Arbeit erleichtert haben, sage ich auch an dieser Stelle nochmals meinen herzlichsten Dank. Die petrographischen Schilderungen stützen sich also, soweit nicht auf Originalarbeiten verwiesen ist, auf die Untersuchung des Clausthaler Sammlungsmaterials. Eine sehr wesentliche Hilfe gewährten mir die von Stelzner hinterlassenen, bis 1894 reichenden Literaturaufzeichnungen. Trotz ihrer Reichhaltigkeit sind die Literaturangaben des Buches schon aus dem Grunde nicht ganz vollständig, weil ich mit geringen, stets vermerkten Ausnahmen nur solche Schriften zitiert habe, von deren Inhalt ich mich selbst überzeugen konnte. Fast alle vermochte ich mir im Original zugänglich zu machen. Wenn ich trotzdem sehr oft auch auf Referate in leichter zugänglichen Zeitschriften verwiesen habe, so war auch in dieser Hinsicht eine Vollständigkeit nicht beabsichtigt, und es konnte nicht der Zweck dieses Buches sein, die Repertorien jener Zeitschriften zu ersetzen.

Endlich sei noch erwähnt, daß mir eine recht große Anzahl von Erzlagerstätten außer in Deutschland besonders auch in Österreich-Ungarn und Italien durch persönliche Befahrung von Gruben bekannt ist, wenn ich auch weit davon entfernt bin, die Bedeutung gelegentlicher Besichtigungen für die Beurteilung schwierigerer Fragen der Lagerstättengeologie zu überschätzen.

Die Auswahl und Redaktion der Abbildungen war mir überlassen; ist schon, wie in keiner anderen geologischen Disziplin, gerade die auf die Lagerstättengeologie bezügliche Literatur äußerst ungleichwertig, so gilt das besonders von dem darin enthaltenen Material von Abbildungen. Ich bin mir wohl bewußt, daß sich eine Ausstattung mit ganz einwandfreien und doch instruktiven Illustrationen nur dann hätte erreichen lassen, wenn ich die Zahl der letzteren noch sehr viel mehr eingeschränkt hätte, als es ohnedies geschehen mußte. Für eine gleichmäßige Umzeichnung der Vorlagen, unter denen sich manche Originale befinden, hat die Verlagsbuchhandlung Arthur Felix in der entgegenkommendsten Weise Sorge getragen, und ihren Bemühungen verdanke ich es, wenn das Werk in würdiger und gediegener Ausstattung erscheinen kann.

Indem ich heute das Buch, dem ich selbst mehrere Jahre eigener Arbeit gewidmet habe, der Öffentlichkeit übergebe, gedenke ich dankbar zweier Männer,

die nunmehr gleichfalls zu den Toten gehören: Herr Geheimer Medizinalrat Dr. Oskar Stelzner, ein Bruder A. W. Stelzners, hat mich bis zuletzt durch sein unvermindertes Vertrauen ermuntert, und Bergrat Dr. Arnulf Schertel, zuletzt Professor der Hüttenkunde an der Freiburger Bergakademie, Stelzners langjähriger Freund, ist mir in der Sache, deren Zustandekommen ihm warm am Herzen lag, gleichfalls ein treuer Freund und Berater gewesen.

Möge das Werk sich als brauchbar erweisen und dazu beitragen, daß Stelzners Name für immer mit dem verknüpft bleibe, was er gearbeitet, erreicht und erstrebt hat.

Partenkirchen, Oberbayern, 14. September 1904.

**Dr. Alfred Bergeat.**

I. Hälfte.

**Die syngenetischen Lagerstätten.**

Die vorliegende erste Hälfte bildet mit der im nächsten Jahre erscheinenden zweiten ein Ganzes.

Das hier beigefügte

**Titelblatt, das Inhaltsverzeichnis sowie das Ortsregister** sind nur **interimistisch**; die zweite Hälfte wird solche für das vollständige Werk enthalten.

Das **Vorwort** befindet sich in dieser ersten Hälfte.

Man bittet dies beim Einbinden zu beachten.

Die Verlagsbuchhandlung.

## Einführung.<sup>1)</sup>

Die Erdkruste besteht aus mannigfachen Aggregaten von Mineralien, welche auf verschiedene Art und zu verschiedenen Zeiten entstanden, demnach auch durch besondere Struktur, Form-, Lagerungs- und Verbandsverhältnisse ausgezeichnet sind und den einzelnen Bausteinen eines Hauses verglichen und als „geologische Individuen“ aufgefaßt werden können. Eine jede derartig individualisierte Masse, welche die Form einer Linse, einer Schicht, eines Ganges, Stromes usw. besitzt, bezeichnet man allgemein als ein Gebirgsglied oder einen geologischen Körper; sie bildet die Lagerstätte der in ihr auftretenden und der sie zusammensetzenden Mineralien. Ein großer Teil dieser gebirgsbildenden Mineralaggregate ist unter den Namen zahlreicher Gesteine bekannt.

Man nennt Gebirgsglieder, deren Masse in ihrer Gesamtheit irgend welche Verwertung gestattet oder wenigstens, sei es in ihrer ganzen Ausdehnung, sei es nur stellenweise, verwertbare Stoffe in einer den Abbau lohnenden Weise enthält, nutzbare Lagerstätten oder Lagerstätten im engeren Sinne des Wortes (z. B. Gips-, Phosphorit-, Erz-, Salz-, Kohlenlagerstätten). Das Studium von Lagerstätten der letzteren Art würde, sofern es sich lediglich um deren rein geologische, naturwissenschaftliche Rolle handelt, der Geologie überlassen bleiben können; wenn dagegen auch die technische Nutzbarkeit berücksichtigt werden soll — also eine Eigenschaft, welche dem Arbeitsfelde der Geologie an und für sich fern liegt, dagegen für Bergleute, Techniker, Grundstücksbesitzer, Kapitalisten, Nationalökonomien und Regierungen von höchster Bedeutung ist —, so empfiehlt es sich, das Studium dieser nutzbaren Lagerstätten von der allgemeinen Geologie abzuzweigen und zu einem besonderen Teile, dem der angewandten Geologie, auszubauen. Den letzteren kann man alsdann auch als Lagerstättenlehre bezeichnen. Unter dieser Disziplin wird man daher die auf den Erfahrungen der Geologie fußende und gleichzeitig den praktischen Interessen Rechnung tragende Lehre von der Form, Zusammensetzung, Lagerung, dem Vorkommen und der Entstehungsweise, der Kartierung und Aufsuchung solcher Gebirgsglieder verstehen, welche **technisch nutzbar** sind. Dagegen bleibt die Besprechung der Ausnutzung selbst, der Gewinnungsarbeiten und der sich an diese anschließenden Zugutemachung der Bergbaukunde und der Hüttenkunde überlassen.

<sup>1)</sup> Die Einführung wurde mit wenig Änderungen und Zusätzen wörtlich aus Stelzners Manuskripten übernommen, weil sie charakteristisch ist für seine Vortragsweise.  
Stelzner-Bergeat, Erzlagerstätten.

Zunächst wird es notwendig sein, sich darüber zu verständigen, welche Gebirgsglieder als technisch nutzbare zu betrachten sind, bzw. welche wir als technisch nutzbare in den Kreis unserer Betrachtungen ziehen wollen. Denn die „Nutzbarkeit“ eines Dinges ist keineswegs etwas Feststehendes, von der Natur Gegebenes. Sie hängt nicht bloß von seinen chemischen und physikalischen Eigenschaften ab, die ihm in seiner Gesamtheit oder in seinen Teilen innewohnen — denn wenn wir bloß hierauf Rücksicht nehmen wollten, gäbe es kein absolut nutzloses, unverwertbares Ding —, sondern auch, und zwar in ganz besonderem Grade, von der Zeit, dem Ort, den Umständen, veränderlichen Befähigungen und Neigungen des Menschen, sich jene Eigenschaften womöglich in gewinnbringender Weise nutzbar zu machen. Daß hiernach eine mehr oder weniger willkürliche Begrenzung des Stoffes der Lagerstättenlehre notwendig wird, ergibt sich aus folgenden Betrachtungen.

Die Befähigung des Menschen, sich Mineralien oder Gesteine nutzbar zu machen, ist mit der Zeit mehr und mehr fortgeschritten und wird noch weiter fortschreiten. Darauf verweist uns schon die bekannte Gliederung der Entwicklungsgeschichte menschlicher Kultur in eine Stein-, Bronze- und Eisenzeit; darauf verweisen uns auch manche der jüngeren Vergangenheit und unseren Tagen angehörige Tatsachen; denn mit dem Fortschritt der Zivilisation hat auch allenthalben die Verwertung der Bodenschätze zugenommen. Es sei erinnert an Kobalt und Nickel. Sie erhielten Spottnamen, weil ihre Erze den alten Bergleuten trotz ihres Kupfer und andere Metalle verheißenden Aussehens lange Zeiten hindurch nur Enttäuschungen bereiteten; man denke an Wolfram und Uranpecherz, früher als unhaltig über die Halde geworfen, heute viel begehrt; ferner an das Mangan, an die seltenen Erden, vor allem aber an die Kalisalze, die ehemals mitsamt ihren Genossen nur als lästiger „Abraum“ galten, der zu beseitigen war, ehe man zu dem allein begehrten Steinsalz gelangen konnte, und heute die Grundlage eines großartigen Zweiges der chemischen Industrie abgeben.

Andererseits wird die Neigung des Menschen, sich nutzbare Eigenschaften eines Stoffes dienstbar zu machen, beeinflusst durch die Aussicht auf Gewinn, d. h. durch das Verhältnis zwischen dem jeweiligen Nutzungswert eines Stoffes und den Kosten, welche die Dienstbarmachung seiner nützlichen Eigenschaften erheischt. Hierauf aber sind zahlreiche verschiedenartige Umstände von Einfluß.

Die „Nutzbarkeit“ einer Lagerstätte ist keineswegs bloß bedingt durch die Quantität eines in ihr vorhandenen Minerals oder Erzes, sondern auch von der Qualität, so daß erst Quantität und Qualität entscheiden, ob eine technische Ausnutzung möglich, ob also eine Lagerstätte im wirtschaftlichen, bergmännischen Sinne vorliegt oder nicht. Nur einige Beispiele! Das Eisen beherrscht unser Jahrhundert und wird viel gesucht: irgend ein Gestein mit 1 oder 5 % Eisen ist aber doch noch keine Eisenlagerstätte; dagegen ist eine Quarzmasse mit 0,05 % Gold, d. h. Quarz, der in der Tonne (1000 kg) 500 g Gold enthält, schon sehr reich, wenn man berücksichtigt, daß der Minimalgehalt

an Gold, auf Grund dessen die Freiburger Hütten Erze zur Verarbeitung ankaufen,  $0,0005\%$ <sup>1)</sup> =  $\frac{5}{1000000}$  der Masse beträgt.

Ferner wird die Neigung zur Nutzbarmachung bedingt durch den Stand der Technik. Es wurde bereits hingewiesen auf die erst in jüngerer Zeit erkannte Verwertbarkeit von Kobalt, Nickel, Wolfram, der Abraumsalze. Es sei hier ferner erinnert an die erst seit dem XIX. Jahrhundert erfolgende Verarbeitung der Freiburger Zinkerze, an die wichtige Rolle, welche neuerdings gewisse Aluminiumerze (Bauxit, Kryolith) spielen, vor allem aber sei, als ein sehr drastisches Beispiel, die gesteigerte Verwendbarkeit des Eisenkieses erwähnt. Jahrtausende lang wurden dessen Lagerstätten nur wegen der in ihnen vorhandenen Kupfererze abgebaut. Im XIX. Jahrhundert ist er dann ein unentbehrliches Rohmaterial für die Schwefelsäurefabrikation, endlich sogar zu einem brauchbaren Eisenerz (purple ore) geworden. Ähnliches ließe sich von den früher gemiedenen, jetzt wegen der wertvollen Verhüttungsprodukte gerne verarbeiteten phosphorhaltenden Eisenerzen sagen. Andererseits aber haben durch die technischen Vervollkommnungen manche Rohmaterialien an Wert eingebüßt: so z. B. der Alaunschiefer, seitdem die Alaunfabrikation besser und billiger vom Alaunstein Gebrauch macht, der Spateisenstein, seitdem man phosphorhaltige Eisenerze zugute macht, der Schwefel, seitdem man die Schwefelsäure aus Kiesen erzeugt.

Von Einfluß können auch die örtlichen Umstände sein, unter denen sich die Lagerstätte findet, desgleichen auch die geographische Lage insofern, als Gunst und Ungunst des Klimas, die größere oder geringere Entfernung vom Verarbeitungs- und Verbrauchsort die Ausbeutung der Lagerstätte mehr oder weniger lohnend erscheinen lassen. So erfordern z. B. Goldseifen, um ausgenutzt werden zu können, vor allem Wasser. Nicht nur in wasserleeren Gegenden, sondern auch im hohen Norden, wie z. B. in Lappland, wo der Boden lange Zeit gefroren ist, können sie unverwertbar bleiben.

Ein Beispiel aus neuerer Zeit bietet die erste Geschichte der Goldfunde am Yukonfluß in Alaska (Klondike). Die Kosten einer Reise von der Küste bis dorthin betragen mindestens 2800—3600 M. Der goldführende Alluvialboden ist gefroren und taut nur während des sehr kurzen Sommers bis zu einer Tiefe von 0,6—0,9 m auf, so daß im Beginn der Goldgewinnung die Goldsucher überhaupt nur im Sommer arbeiteten, um meistens nicht mehr nach Klondike zurückzukehren. Der Yukonfluß ist vom Oktober bis zum Juni zugefroren.<sup>2)</sup>

In Caracoles in Chile betrug der Preis für eine Flasche Wasser 4 M., und ähnliches wäre aus der Geschichte der Golddistrikte Westaustraliens zu berichten. Es müssen sehr reiche Gruben sein, die unter solchen Verhältnissen noch Gewinn abzuwerfen vermögen!

<sup>1)</sup> Dieser verwertbare Mindestgehalt an Gold entspricht 680 cmm im Kubikmeter Quarz oder einem Würfelchen von etwa 8,75 mm Seitenlänge. Die Freiburger Hütten zahlen alsdann immer noch 2400 M., ja sogar bis 2710 M. für das Kilo, während der Marktpreis des Feingoldes 2790 M. beträgt. Allerdings müssen in letzterem Falle im Erze noch andere verwertbare Bestandteile vorhanden sein.

<sup>2)</sup> B. Bach, Der Golddistrikt am Yukonflusse in Nordwestamerika; Globus LXXII, 1897, 357—362.

Nach Domeyko<sup>1)</sup> konnten in Chile im Jahre 1838 Kupfererze mit weniger als 22—24% Kupfergehalt nicht roh verschifft werden, solche mit weniger als 12% kamen auf die Halde. Dagegen wurden nach Birkinbine 1838 am Lake superior Kupfererze, die pro Tonne nur 1,65 Dollar wert sind, d. h. weniger als 0,75% raffiniertes Kupfer gaben, noch mit Gewinn in Tiefen von 300 m abgebaut.<sup>2)</sup> In der Wüste Atacama müssen noch jetzt stellenweise Kupfererze von 6—8% Kupfergehalt auf die Halde geworfen werden, da sich ihr Transport auf den zweiräderigen, mit 6 Maultieren bespannten Wagen, der bis an die Küste 3 Tage in Anspruch nimmt, nicht lohnt.<sup>3)</sup> Die in Altenberg abgebauten Zinnerze haben einen Reingehalt von  $\frac{1}{8}$ %, in Bolivia<sup>4)</sup> aber mußten noch im Jahre 1891 die Gänge einen Zinngehalt von mindestens 9—10% besitzen, um des Zinnes wegen abgebaut zu werden. Man ersieht aus diesen Beispielen, welche sich leicht noch vermehren ließen, welche Bedeutung der örtlichen Lage, vor allem aber der Beschaffenheit der Wege und den Transportmitteln zukommt. Der Erzreichtum einer Kolonie bleibt wertlos, solange er nicht durch billige Transportmittel einer gewinnbringenden Verwendung zugeführt oder an Ort und Stelle zugute gemacht werden kann. Es sind deshalb immer die Edelmetalle gewesen, welche in wenig erschlossenen Ländern zuerst gesucht und beachtet wurden.

Billige Transportmittel können andererseits dazu führen, daß ein an Ort und Stelle fast wertloses Rohmaterial mit Gewinn nach Gegenden verfrachtet werden kann, in welchen ein Mangel und Bedürfnis an solchem besteht. Während auf Island oder in anderen Vulkangebieten der Basalt ein fast wertloses Gestein ist, wird er im Fichtelgebirge, in der schwäbischen Alb oder in Hessen ein wertvolles Material für den Export in benachbarte Gegenden, in welchen weichere, für Straßenbauzwecke weniger geeignete Gesteine vorherrschen, wie z. B. nach Bayern und Württemberg. Die Basaltbrüche zu Linz a. Rh. aber liefern ihr Produkt bis nach Holland, wo es als wertvolles Material zu den Küstenbauten benutzt wird. Kalkstein ist natürlich im Jura oder in den Alpen so gut wie wertlos; bei Berlin oder in den Gneis- und Schiefergebieten des Erzgebirges aber wird ein Kalksteinbruch zu einem wertvollen Besitztum.

Die Entdeckung reicherer Lagerstätten oder solcher, welche ihre Erze billiger abzusetzen vermögen, kann den Abbau anderer zum Erliegen bringen. Solches geschah z. B. hinsichtlich der Nickelgruben in Süd-Norwegen, welche bis in die Mitte der siebziger Jahre des XIX. Jahrhunderts gute Erträgnisse lieferten und späterhin infolge Entdeckung der Erzlager von Kanada und Neukaledonien großenteils ihren Betrieb einstellen mußten.

Spekulationen der Großindustrie (z. B. die Trusts), politische Verhältnisse, Steuern, Zölle sind gleichfalls nicht selten für das Schicksal eines Betriebes entscheidend, wie auch endlich die besonderen geologischen Verhältnisse einer Lagerstätte, d. h. die Schwierigkeiten, welche sich dem Ausbringen des nutzbaren Stoffes entgegenstellen, und welche dazu führen können, daß eine Lagerstätte vernachlässigt wird, weil sich in ihrer Nähe eine andere befindet, welcher das gesuchte Erz auf leichtere Weise in genügender Menge entnommen werden kann.

<sup>1)</sup> Ann. d. min. (3) XVIII, 1840, 80, 83.

<sup>2)</sup> Am. Inst. Min. Eng. XVI, 1838, 190.

<sup>3)</sup> Darapsky, Das Departement Taltal, 1900, 172.

<sup>4)</sup> Minchin, Eng. and Min. Journ. LI, 1891, 587. Seitdem Bolivia ein ausgedehnteres Eisenbahnnetz besitzt, hat sich auch die Zinnproduktion um ein bedeutendes gehoben.

Je nach der örtlichen Beschaffenheit der Lagerstätte werden auch die Gewinnungskosten verschieden sein; es bedarf keines näheren Hinweises, wie abweichend sich letztere für den Betrieb über Tag oder unter Tag, bei viel oder wenig Abraum gestalten werden. Brüchiges Nebengestein erfordert mitunter sehr kostspielige Zimmerungen, die Wasserhaltung kann in schwerer zugänglichen Gebieten infolge des unverhältnismäßigen Aufwandes für die zum Betrieb der Maschinen nötigen Holz- und Kohlenmengen unmöglich werden.

Unter solchen Umständen werden sich auch unsere genaueren Kenntnisse nur auf eine gewisse Anzahl von Lagerstätten beziehen, die gegenwärtig abgebaut werden oder vielleicht früher Gegenstand eines Betriebes gewesen sind, und deshalb wird sich auch die nachfolgende Besprechung zunächst mit solchen befassen müssen, welche nicht allein nutzbare Stoffe enthalten, sondern auch wirklich technisch nutzbar sind oder waren. Indessen sollen nach Möglichkeit auch solche Gebirgsglieder in den Rahmen der Betrachtung gezogen werden, welche nicht oder wenigstens zur Zeit noch nicht verwertbar sind, wenn ihre Untersuchung nur sonst den einen oder anderen lehrreichen und theoretisch bemerkenswerten Aufschluß zu bieten vermag.

Beim Studium der Lagerstätten kommt es vor allem darauf an, möglichst viel Erfahrungen zu sammeln, um uns über das Wesen der betreffenden Gebirgsglieder und über diejenigen ihrer Verhältnisse möglichst klar zu werden, deren Kenntnis im Interesse ihrer technischen Ausnutzung liegt. Im Anschluß daran — aber immer vom Standpunkt des Geologen aus — sind die Gesichtspunkte zu ermitteln, die uns die Aufsuchung, Beurteilung und Verfolgung von Lagerstätten erlauben. Dagegen soll alles rein Technische und Merkantile (Gewinnung, Verarbeitung, weitere Verwertung und Wertbeziehung) den Berg- und Hüttenleuten, Technikern, Industriellen und Kaufleuten überlassen bleiben. Wenn auf derartige Fragen trotzdem da und dort flüchtig eingegangen wird, so geschieht es, um die technische Bedeutung der Lagerstätten klarzustellen.

Wer die Gesamtheit der Erzlagerstätten zu beurteilen und systematisch zu beschreiben unternimmt, tritt vor eine große und schwere Aufgabe: sie ist groß, denn sie setzt die Beherrschung der Mineralogie und Geologie und im weiten Umfange auch der Chemie und Physik voraus; schwierig wird sie nicht nur wegen der bedeutenden Menge und der Verschiedenartigkeit des Stoffes, sondern auch, weil zahlreiche Lagerstätten erst zum kleinen Teile erschlossen sind und das Erschlossene durch Abbau wieder verschwindet oder im Laufe der Zeit durch die Zimmerung, Mauerung, Bergeversatz oder durch Auflässigwerden der Gruben wieder unzugänglich wird. Zudem sind die Interessen des erschließenden Praktikers in der Regel ganz andere als die des Theoretikers: jener hört mit dem Abbau dort auf, wo kein materieller Erfolg mehr zu erwarten ist, und läßt dabei so manche wissenschaftlich interessante und wichtige Frage offen; nicht selten aber ist es eine sehr bedauerliche Engherzigkeit der Grubenbesitzer, welche keinem Fremden aus Furcht vor irgend welchen Schädigungen den Zutritt in die Grube gestatten will und so eine wissenschaftliche Beurteilung der Lagerstätte hintertreibt.

Solcherlei Schwierigkeiten werden sich dem Geologen oft entgegenstellen; in Anbetracht derselben wird es denn auch erklärlich, daß unser Wissen von

den Erzlagerstätten noch recht lückenhaft ist, und daß noch weniger auf Grund unserer dermaligen Erfahrungen für die Praxis brauchbare, allgemein gültige Gesetze und Regeln, eine Art wissenschaftlicher Wünschelrute, ausfindig gemacht werden konnten. Es liegt in der Natur der Sache, daß sich dergleichen Gesetze überhaupt nie werden aufstellen lassen.

Es wird daher notwendig bleiben, in jeder neuen Grube und bei jedem neuen Aufschluß aufs neue zu beobachten und sorgfältig zu prüfen.

Immerhin aber wird in jedem einzelnen Falle das Verständnis der vorliegenden Lagerstätte sehr wesentlich erleichtert und gefördert werden, wenn dem Techniker und Bergmann außer dem, was er unmittelbar beobachten kann, auch noch ein gewisser Schatz von Erfahrungen über das zur Seite steht, was an anderen Orten bereits erkannt worden ist. In diesem Falle wird er nicht im Finstern tasten, sondern seine Führerin wird eine aus bekannten feststehenden Tatsachen abgeleitete Theorie sein, und diese wird es ihm ermöglichen, die Aufsuchung, Verfolgung und den Abbau der Erzlagerstätten nach richtigen Prinzipien vorzunehmen.

Unser Wissen wächst mit jedem Fäustelschlage! Der Bergmann möge dessen eingedenk sein; denn er ist in erster Linie dazu berufen, durch seine Fäustelschläge unser Wissen zu erweitern, der Theorie und der Praxis zu nützen!

### Literatur.

Im nachstehenden sei eine Übersicht über die bisher erschienenen Werke über Erzlagerstättenlehre und solcher umfangreicherer Bücher gegeben, welche sich mit diesem Gegenstand umfassend beschäftigt haben. Die spezielleren Beschreibungen und Monographien sollen gelegentlich später erwähnt werden.

1791. A. G. Werner, Neue Theorie von der Entstehung der Gänge, mit Anwendung auf den Bergbau, besonders den freibergischen. Freiberg 1791.
1824. J. Waldauf von Waldenstein, Die besonderen Lagerstätten nutzbarer Fossilien. Wien 1824.
- 1833—1836. K. A. Kühn, Handbuch der Geognosie. 2 Bände.
1840. J. C. von Beust, Kritische Beleuchtung der Wernerschen Gangtheorie. Freiberg 1840.
- 1850—1861. Gangstudien, herausgegeben von B. von Cotta. I—III. Darin Kollektaneen der Literatur von H. Müller.
1853. B. von Cotta, Lehre von den Erzlagerstätten. Leipzig 1853.
1856. M. F. Gaetzschnann, Die Auf- und Untersuchung von Lagerstätten nutzbarer Mineralien. 2. Aufl. 1866.
- 1859—1861. B. von Cotta, Lehre von den Erzlagerstätten. 2. Aufl. 2 Bde. — Engl. Übersetzung von Prime, Treatise on ore deposits. New York 1870.
1869. J. Grimm, Die Lagerstätten der nutzbaren Mineralien. A. Burat, Géologie appliquée ou traité de la recherche et de l'exploitation des minéraux utiles. 5. éd. 1869.
1872. C. F. Naumann, Lehrbuch der Geognosie. Bd. III, Lief 3. (Unvollendet!)
1873. H. von Dechen, Die nutzbaren Mineralien und Gebirgsarten im Deutschen Reiche. Berlin 1873.
1879. A. von Groddeck, Die Lehre von den Lagerstätten der Erze. Leipzig 1879.
1883. A. d'Achiardi, I metalli, loro minerali e miniere. Milano. 2 vol. 1883.
- 1883—1885. F. Sandberger, Untersuchungen über Erzgänge. 2 Bände.

1884. A. von Groddeck, *Traité des gîtes métallifères*, Traduit par H. Kuss. J. A. Phillips, *A treatise on ore deposits*. London 1884. II. Aufl. von H. Louis. 1896.
1892. D. C. Davies, *A treatise on metalliferous minerals and mining*. 5. ed. London 1892.  
— *A treatise on earthy and other minerals and mining*. 3. ed. London 1892.
1893. E. Fuchs et L. de Launay, *Traité des gîtes minéraux et métallifères*. Paris 1893. 2 Bände.
1895. F. Pošepný, Über die Genesis der Erzlagerstätten (nach *Transact. of the American Institute of Mining Engineers*, Vol. XXII. 1893). *Berg- und Hüttenmännisches Jahrbuch der k. k. Bergakademien zu Leoben und Příbram*, XLIII, 1895, 1—226.  
— *Archiv für praktische Geologie*, Bd. I 1880, Bd. II 1895.
1900. J. F. Kemp, *The ore deposits of the United States and Canada*. 3. Aufl. H. Charpentier, *Géologie et Minéralogie appliquées*. Paris 1900.
1901. R. Beck, *Lehre von den Erzlagerstätten*. II. Aufl. Berlin 1903.
1903. B. Lotti, *I depositi dei minerali metalliferi*. Torino 1903.

### Zeitschriften.

- Berg- und Hüttenmännische Zeitung*, seit 1842.
- Österreichische Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen*, seit 1853.
- Zeitschrift für das Berg-, Hütten- und Salinenwesen im Preußischen Staate*, seit 1854.
- Jahrbuch für das Berg- und Hüttenwesen im Königreich Sachsen* (bis 1869 *Jahrbuch für den Berg- und Hüttenmann*), seit 1830.
- Berg- und Hüttenmännisches Jahrbuch der k. k. Bergakademien*, seit 1851.
- Jahrbuch der k. k. österr. geologischen Reichsanstalt*, seit 1850. Samt den Verhandlungen.
- Jahrbuch der k. preuß. geologischen Landesanstalt und Bergakademie zu Berlin*, seit 1880.
- Zeitschrift für praktische Geologie*, seit 1893. Dazu: „*Fortschritte der praktischen Geologie*“, I, 1893—1902, herausgeg. von M. Krahnemann als Generalregister für die Jahrg. I—X.
- Glückauf*, *Berg- und Hüttenmännische Wochenschrift*, seit 1896.
- Stahl und Eisen*, seit 1881.
- Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft*, seit 1848.
- Taschenbuch für die gesamte Mineralogie*, 1807—1824. *Zeitschrift für Mineralogie*, 1825—1829.
- (Neues) *Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie*, seit 1830. Bringt viele Referate, welche weiterhin unter der Abkürzung „N. Jahrb.“ zitiert werden.
- Centralblatt für Mineralogie, Geologie und Palaeontologie*. Mit dem vorigen vereinigt, seit 1900.
- Geologisches Centralblatt*, seit 1901.
- Verhandlungen des naturhistorischen Vereins der Rheinlande und Westfalens*, seit 1844. Samt den Sitzungsberichten der niederrheinischen Gesellschaft für Natur- und Heilkunde in Bonn.
- C. E. von Molls *Jahrbücher der Berg- und Hüttenkunde*, 1797—1800.  
— *Annalen der Berg- und Hüttenkunde*, 1802—1805.  
— *Ephemeriden der Berg- und Hüttenkunde*, 1805—1809.  
— *Neue Jahrbücher der Berg- und Hüttenkunde*, 1809—1821.
- Karstens Archiv für Bergbau und Hüttenwesen*, 1818—1831.  
— *Archiv für Mineralogie, Geognosie, Bergbau- und Hüttenkunde*, 1829—1855.
- Berggeist*, *Zeitung für Berg- und Hüttenwesen und Industrie*, 1856—1885.

- Journal des Mines, 1795—1815.  
 Annales des Mines, seit 1816.  
 Revue universelle des Mines, seit 1888.  
 The Quarterly Journal of the Geological Society of London, seit 1845.  
 Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar, seit 1872.  
 Annual Report of the United States Geological Survey, seit 1880.  
 Monographs of the United States Geological Survey, seit 1882.  
 Bulletin of the United States Geological Survey, seit 1882.  
 Transactions of the American Institute of Mining Engineers, seit 1873.  
 Engineering and Mining Journal.  
 Report of the Geological and Natural History Survey of Canada, seit 1881.  
 Jaarboek van het Mijnwezen in Nederlandsch Oost-Indië, seit 1872.

### Statistik.

Die Berg- und Hüttenmännischen Zeitschriften, die Zeitschrift für praktische Geologie und vor allem auch der Annual Report of the U. St. Geol. Survey bringen von Zeit zu Zeit allgemeine statistische Mitteilungen. Solchem Zwecke dient fast ausschließlich die in New York und London erscheinende Mineral Industry, seit 1892. Herausgeb. bis 1900 von R. P. Rothwell, seit 1901 von J. Struthers.

- Auf die Bergbaustatistik einzelner Länder beziehen sich u. a.  
 Vierteljahreshefte zur Statistik des Deutschen Reichs.  
 Der statistische Teil der Zeitschrift f. d. Berg-, Hütten- und Salinenwesen im Preussischen Staate.  
 Der Bergwerksbetrieb im Kaisertum Österreich. (Aus dem statistischen Jahrbuch des k. k. Ackerbauministeriums.)  
 Österreichisches Montanhandbuch. Herausgegeben vom k. k. Ackerbauministerium.  
 Ungarisches Montanhandbuch.  
 Statistique de l'industrie minérale en France et en Algérie. Herausgegeben vom Ministère des travaux publics.  
 Statistique des mines, minières, carrières, usines métallurgiques usw. du Royaume de Belgique. Offizielle Veröffentlichung in den Annales des mines de Belgique.  
 Annual report and statistics relating to the output and value of the minerals raised in the united Kingdom. Offizielle Veröffentlichung.  
 Sveriges officiella statistik. Bergshandtering.  
 Norges officielle Statistik. Tabeller vedkommende Norges Bergvaerksdrift (Statistique des mines et usines en Norvège).  
 Statistik des Berg- und Hüttenwesens von Rußland. Herausgegeben von A. Loranski. Russisch.  
 Rivista del servizio minerario. Herausgegeben vom italienischen Corpo Reale delle miniere.  
 Estadística minera de España. Herausgegeben von der spanischen Inspección general de minería.  
 Estatística mineira von Portugal.  
 Der statistische Teil des Annual Report of the U. St. Geol. Survey.  
 Report of the inspection of mines in India.  
 Les Mines du Japon. Herausgegeben gelegentlich der Pariser Weltausstellung im Jahre 1900 vom kais. japan. Ackerbau- und Handelsministerium.  
 Bericht des Staatsbergingenieurs von Transvaal. Pretoria.  
 Wichtig sind endlich die „Statistischen Zusammenstellungen über Blei, Kupfer, Zink, Zinn, Silber, Nickel, Aluminium und Quecksilber“, welche alljährlich von der Metallgesellschaft und der Metallurgischen Gesellschaft zu Frankfurt a. M. herausgegeben werden.

## Gesichtspunkte für die systematische Behandlung und Umgrenzung des Stoffes.

Da die zahllosen Lagerstätten in jeder Hinsicht eine große Mannigfaltigkeit erkennen lassen, so erheischt ihr Studium irgendwelche systematische Gruppierung, und eine solche ist denn auch bereits von verschiedenen Seiten und nach verschiedenen Gesichtspunkten vorgenommen worden. So könnte man die Lagerstätten einteilen nach der technischen Verwendbarkeit, welche den auf ihnen sich findenden Stoffen zukommt, also etwa in Materialien für den Hoch- und Tiefbau, für die Metallindustrie samt allen ihren Verzweigungen, die Keramik und Glasindustrie, die Wärme- und Lichterzeugung usw. Oder sie wurden auch gruppiert nach der allgemeinen mineralogischen Natur des Nutzbaren, wie es z. B. von Davies<sup>1)</sup> geschah, der in „metallführende“ Lagerstätten einerseits und in „erdige oder sonstige“ andererseits unterschieden hat.

In ähnlicher Weise teilte auch v. Dechen<sup>2)</sup> ein in

1. Brennliche Mineralien,
2. Metallische Mineralien (Erze),
3. Steinsalz, Soolquellen, Mineralquellen,
4. Steine und Erden.

Eine solche Einteilungsweise mag für die Wirtschaftslehre von Nutzen sein, ist aber aus folgenden Gründen keiner geologischen Behandlung fähig: 1. ein und derselbe Körper kann verschiedener Verwendung dienen (z. B. Strontian der Zuckerfabrikation und der Pyrotechnik); 2. auf derselben Lagerstätte kommen metallische und nichtmetallische Mineralien von sehr verschiedener Verwendbarkeit vor (z. B. Zinnerz mit Wolfram, Wismut und Lithionglimmer; Kupferkies und Schwefelkies; Gold auf Edelsteinseifen); 3. die verschiedenartigsten Lagerstätten müßten gemeinschaftlich besprochen werden (z. B. das aus Eruptivgesteinen ausgeschiedene Magneteisen, die Eisenoolithe und die Sideritgänge).

Nicht viel besser verhält es sich dann, wenn man nur die Form der Lagerstätten ihrer Einteilung zugrunde legt, wie dies z. B. Grimm<sup>3)</sup> getan hat: denn indem er die „Stöcke und Stockwerke“ den „Plattenförmigen Massen“

<sup>1)</sup> Davies, A treatise on metalliferous minerals and mining und A treatise on earthy and other minerals and mining.

<sup>2)</sup> Die nutzbaren Mineralien und Gebirgsarten im Deutschen Reich, 1873.

<sup>3)</sup> Die Lagerstätten der nutzbaren Mineralien, 1869.

entgegensetzt, bespricht er nebeneinander das Steinkohlenflöz von Montchanin (Frankreich), den Salzstock zu Marós Ujvar, den Kupferkiesstock zu Agordo und den Rammelsberg bei Goslar und endlich die Quecksilberlagerstätte zu Idria!<sup>1)</sup> Auch v. Cotta<sup>2)</sup> hat die Form zum obersten Einteilungsprinzip genommen und unterscheidet<sup>3)</sup> die Lagerstätten in „regelmäßige und unregelmäßige. Zu den ersteren gehören die Lager und Gänge, zu den letzteren die Stöcke und Imprägnationen“. Er meinte, diese Formen seien allgemeine, d. h. sie wiederholten sich mit mancherlei Modifikationen an sehr vielen Orten der Erde, derart, daß sich ihnen alle bekannten Erzvorkommnisse unterordnen ließen. „Zuweilen“, fährt er fort, „treten diese einzelnen Formen der Erzlagerstätten sehr typisch auf, so daß man über ihre besondere Natur nicht im Zweifel sein kann, zuweilen aber auch schwankend und der Form nach gewissermaßen ineinander übergehend, so daß es dann nicht leicht ist, sich über ihre Zurechnung zu der einen oder der anderen Lagerstättenform zu entscheiden“, und bei näherem Zusehen findet sich, daß Cotta selbst sein Einteilungsprinzip verlassen muß, wenn er Gänge und Lager unterscheiden will. Denn in den Lagern erblickt er Lagerstätten, die sich gleichzeitig mit dem Nebengestein gebildet haben,<sup>4)</sup> während er von den Erzgängen sagen muß:<sup>5)</sup> „Gänge sind Ausfüllungen von Spalten. Das ist die beste Definition, die man davon geben kann, obwohl sie eine Beurteilung der Entstehungsweise voraussetzt. Erzgänge sind daher Spaltenausfüllungen, welche Erze enthalten.“

Die Form der Lagerstätten ist jedenfalls etwas rein Äußerliches, oftmals ganz Zufälliges, etwas, was gar nicht mit dem eigentlichen Wesen der Lagerstätte zusammenzuhängen braucht, sondern durch ganz fremde, ältere oder jüngere Vorgänge begründet sein kann. Es gilt das z. B. von der Entstehung von Hohlräumen im Gebirge, die durch irgendwelche mechanische oder chemische Vorgänge entstanden, lange, ehe die nutzbare Ablagerung, die sie später erfüllen sollte, vorhanden war.

Man kann sich also nur v. Groddeck anschließen, wenn er sagt:<sup>6)</sup> „Ich muß gestehen, daß ich die Befriedigung nie habe begreifen können, welche manche Personen empfinden, wenn sie erfahren, daß eine Lagerstätte (beispielsweise) ein Stock ist. Im Gegenteil habe ich mich dabei stets gründlich unbefriedigt gefunden“.

Wissenschaftlicher wäre schon eine Einteilung, welche auf das geologische Alter der Lagerstätten Rücksicht nähme. So wird ein Lehrbuch der Geologie zweckmäßig die Anordnung der Lagerstätten entsprechend der Reihenfolge der Formationen, in denen diese auftreten und die es als Hauptsache zu schildern hat, vornehmen. Bei selbständiger Behandlung des Stoffes erweist sich aber

1) l. c. 159 ff.

2) Die Lehre von den Erzlagerstätten I, 2. Aufl., 1859, Vorwort.

3) l. c. 2.

4) l. c. 85.

5) l. c. 102.

6) Bemerkungen zur Classification der Erzlagerstätten. Berg- und Hüttenm. Zeitung 1885, 217—220, 229—232.

auch dieses Vorgehen als unbrauchbar, zunächst schon deshalb, weil für sehr viele Lagerstätten, z. B. für die meisten Gangfüllungen, das wirkliche Alter nicht zu bestimmen ist; eine solche Gruppierung würde zudem wiederum in einen engeren Kreis eine Reihe sehr verschiedenartiger Gebilde zusammenfassen müssen, da im gleichen geologischen Zeitabschnitt Lagerstätten verschiedener Zusammensetzung und Entstehung sich gebildet haben können. Dabei soll auch bemerkt werden, daß in manchen Fällen auf gleicher Lagerstätte sich Erze zu recht verschiedener Zeit angesiedelt haben können, wie z. B. auf wiederholt aufgerissenen Gangspalten, was dann mitunter zur Bildung sogenannter Doppelgänge geführt hat.

Ähnliche Erwägungen haben deshalb schon Naumann veranlaßt, die „untergeordneten Gebirgslieder“, zu denen er auch die nutzbaren Lagerstätten rechnet, nach Lagerungs- und Verbandsverhältnissen zum Nebengestein zu gliedern.<sup>1)</sup> Dadurch hat er wenigstens schon indirekt Rücksicht genommen auf die Entstehungsweise der Lagerstätten. Mir scheint es nicht nur am wissenschaftlichsten, sondern vom Standpunkt des Praktikers aus auch am zweckmäßigsten, diese als Einteilungsprinzip in den Vordergrund zu stellen. Denn durch sie werden ja in erster Linie Substanz, Form, Lagerung und sonstige charakteristische Eigentümlichkeiten (z. B. die Struktur) bedingt. Die Entstehungsart ist die Ursache der Erscheinungsweise. Deshalb sind ja auch die Bergleute in den meisten Fällen unwillkürlich gezwungen, sich auf Grund der jeweiligen Summe von Beobachtungen und Erfahrungen eine Ansicht über die Entstehungsweise ihrer Lagerstätte zu bilden; denn davon hängen ihre Vorstellungen ab über die wahrscheinliche Ausdehnung derselben, über die Beständigkeit oder den Wechsel ihrer mineralogischen Natur und mithin auch ihre Pläne für Aufschlüsse im Interesse des jetzigen und zukünftigen Betriebes. Denn aus der materiellen Beschaffenheit ihrer Lagerstätte oder aus den erschlossenen rein formalen Verhältnissen würden sie nicht Ansichten über deren weitere Erstreckung zu entwickeln vermögen, also z. B. darüber, wie eine Lagerstätte hinter einer Störung wieder auszurichten ist, ob sie nach der Tiefe fortsetzt usw. Antworten auf derlei Fragen können nur von den Anschauungen über die Entstehungsweise diktiert werden. Nur auf solchem Boden stehend wird der Bergmann den Mut finden, mit Schächten in die Tiefe niederzugehen und Stollen aus weiter Entfernung heranzutreiben.

Wir sehen in der Tat, daß sich schon die frühesten Bergleute mit Spekulationen über die Entstehungsweise ihrer Lagerstätten beschäftigten und die gefundenen Resultate ihren Betriebsplänen zugrunde legten, und daß in der Neuzeit von verschiedenen Seiten, wie z. B. von v. Groddeck, rückhaltlos die Notwendigkeit anerkannt wird, die Gliederung einer wissenschaftlichen Lagerstättenlehre in erster Linie auf die Entstehungsweise der Lagerstätten zu gründen.

Freilich, jedes Ding hat seine Licht- und Schattenseiten. Ein Nachteil, der einem auf der Genesis begründeten System anhaftet, liegt offenbar darin, daß die Frage nach der Entstehungsweise für viele Lagerstätten noch offen,

<sup>1)</sup> Lehrbuch der Geognosie I, 1858, 878.

vom subjektiven Ermessen abhängig ist und darum wohl verschieden beantwortet werden wird. Aber solche Unsicherheiten haften schließlich jedem Systeme an, und ihre nachteiligen Folgen werden wesentlich abgeschwächt werden, wenn wir in jedem einzelnen noch problematischen Falle unsere Zweifel nicht unterdrücken, sondern offen aussprechen und die Korrektur dem Fortschritt in der Erkenntnis überlassen. So schützt uns dann ein solches System, wenn wir es nur als den Ausdruck unserer jeweiligen Erfahrungen und Vorstellungen ansehen, vor wissenschaftlicher Verdampfung; es läßt uns nicht zur Ruhe kommen, sondern zwingt, den Erfahrungen und rastlosen Fortschritten der Wissenschaft zu folgen.<sup>1)</sup>

Da das vorliegende Buch nicht von allen nutzbaren Lagerstätten, sondern im besonderen von den **Erzlagerstätten** handeln soll, so ist es zunächst notwendig, den Begriff „Erz“ etwas näher zu erläutern und, da die mit dem Worte verbundenen Vorstellungen bei den Mineralogen, Bergleuten und Gesetzgebern verschieden sind, klarzulegen, in welchem Sinne derselbe im Laufe der folgenden Besprechungen gefasst werden soll. Die Mineralogie bezeichnet als „Erze“ Mineralien, die ein Schwermetall enthalten, gewöhnlich metallischen Habitus und ein hohes Eigengewicht besitzen und ihrem chemischen Charakter nach meistens Oxyde oder Sulfide darstellen. Eine solche Definition kann schon deshalb keine ganz zureichende sein, weil danach manche natürliche Schwermetallverbindungen, welche, wie Cerussit, Anglesit, Grünbleierz, des metallischen Charakters entbehren, und z. B. auch der Kryolith, der so wichtig für die Herstellung des Aluminiums geworden ist, aus der Reihe der Erze auszuschließen wären. Die juristische Auffassung vom Begriff „Erz“ ist eine noch willkürlichere und zudem in den verschiedenen Ländern die bergrechtliche Behandlung der nutzbaren Stoffe eine recht abweichende. So sagt das sächsische Berggesetz vom 16. Juni 1868 unter dem Titel: „Rechtliche Eigenschaften der Mineralien“:

„Diejenigen Mineralien, welche wegen ihres Metallgehaltes nutzbar sind, inkl. Steinsalz und Salzquellen, sind von dem Verfügungsrecht des Grundeigentümers ausgeschlossen“, d. h. sie bilden nach sächsischen Begriffen einen Gegenstand des Erz- und Salzbergbaues. Danach wären z. B. Schwefelkies und Manganoxycide wenigstens früher keine Erze gewesen.

Der Bergmann bezeichnet im allgemeinen als Erz<sup>2)</sup> solche Mineralien und Mineralgemenge, die ihres Metallgehaltes halber abgebaut werden, im weitesten Sinne aber spricht er auch von „Alaunerz“, „Strontianiterz“, „Schwefelerz“, und auch der Pyrit, der meist nur für die Schwefelsäuregewinnung von Wert ist, wird nicht anders denn als ein Erz bezeichnet. Dem Bergmann ist also alles „Erz“, was ihm gewinnungswürdig erscheint, im Gegensatze zu den

<sup>1)</sup> von Groddeck, l. c. 232.

<sup>2)</sup> Siehe darüber die Kontroverse zwischen A. Sjögren (Antreckningar i praktisk geognosi. IV. Om begreppet malm; Geol. Fören. Förh. IX, 1887, 146—150) und Th. Nordström (Om utsträckningen af begreppet malm; ibid. IX, 1887, 230—242). Ref. im N. Jahrb. 1889, I, — 418 —. Ferner Klockmann, Lehrbuch der Mineralogie, 1892. 400.

„Bergen“, den nicht verwertbaren, mit jenen zusammen vorkommenden Gebirgsarten, immerhin aber mit der Einschränkung, daß sein Sprachgebrauch niemals lösliche Salze, wie Steinsalz und Abraumsalze, oder Kohlen oder Baumaterialien, welche letztere ja auch der Gegenstand sogar eines unterirdischen Abbaues sein können, mit der Bezeichnung Erz belegt.

Aber würden wir uns bei der Behandlung unseres Stoffes nur von der Rücksicht auf den bergmännischen Begriff „Erz“ leiten lassen wollen, so fänden wir auch hier ernste Schwierigkeiten. Vom rein wissenschaftlichen Standpunkte aus werde ich des öfters in den Kreis unserer Betrachtung manche für den Praktiker unwichtige Gebilde von theoretischem Interesse einbeziehen müssen, sofern sie aus irgendwelchem Grunde mit technisch wertvollen Lagerstätten verwandte Erscheinungen sind oder zur Erkenntnis der letzteren beitragen.

Rücksichtlich der mineralogischen und chemischen Beschaffenheit der Erzlagerstätten springen Eigentümlichkeiten in die Augen, welche sie von den Gesteinen (gemeinhin) zumeist recht auffällig unterscheiden. Die feste Erdkruste besteht im wesentlichen aus folgenden acht Elementen: Sauerstoff, Silicium, Aluminium, Eisen, Calcium, Magnesium, Kalium und Natrium. Aus den vielen Hunderten von Analysen, welche im chemischen Laboratorium der amerikanischen geologischen Landesanstalt an kristallinen Schiefen und Eruptivgesteinen vorgenommen worden sind, hat F. W. Clarke<sup>1)</sup> erkannt, daß die wahrscheinliche Beteiligung der wichtigsten Elemente am Aufbau der ursprünglichen Erdkruste folgende sein muß:

Sauerstoff . . . .	47,13	Phosphor . . . .	0,09
Silicium . . . .	27,89	Mangan . . . .	0,07
Aluminium . . . .	8,13	Schwefel . . . .	0,06
Eisen . . . .	4,71	Baryum . . . .	0,04
Calcium . . . .	3,53	Chrom . . . .	0,01
Magnesium . . . .	2,64	Nickel . . . .	0,01
Kalium . . . .	2,35	Strontium . . . .	0,01
Natrium . . . .	2,68	Lithium . . . .	0,01
Titan . . . .	0,32	Chlor . . . .	0,01
Wasserstoff . . . .	0,17	Fluor . . . .	0,01
Kohlenstoff . . . .	0,13		<u>100,00</u>

Jene acht wichtigsten Elemente bilden also etwa  $\frac{99}{100}$  der ursprünglichen Erdkruste, als Bestandteile der gewöhnlichsten Gesteinsbildner Quarz, Feldspat, Hornblende, Augit, Glimmer und Olivin; an der Zusammensetzung der Erzlagerstätten beteiligen sich aber im allgemeinen nur solche Elemente, welche in der Clarkeschen Tabelle mit den niedrigsten Prozentsätzen vertreten sind, oder deren Menge überhaupt noch unter 0,01% ( $\frac{1}{10000}$ ) beträgt.<sup>2)</sup> Das sind aber die meisten

<sup>1)</sup> F. W. Clarke und W. F. Hillebrand, Praktische Anleitung zur Analyse der Silikatgesteine. Deutsch von Zschimmer nach Bull. U. St. Geol. Survey No. 148, 1897.

<sup>2)</sup> Siehe auch J. H. L. Vogt, Über die relative Verbreitung der Elemente, besonders der Schwermetalle, und über die Konzentration des ursprünglich fein verteilten Metallgehaltes zu Erzlagerstätten; Zeitschr. f. prakt. Geol., 1898, besonders 323—325.

der bekannten Elemente, welche zudem im allgemeinen auf den Erzlagerstätten in anderen Verbindungen auftreten, als jene. Nur Quarz ist auf allen Arten von Erzlagerstätten häufig, Silikate dagegen fehlen gewissen Gruppen fast ganz. Während diese letzteren den Hauptanteil an der Zusammensetzung des Grundgebirgs und der Eruptiva haben, sind auf den Erzlagerstätten besonders Oxyde, Sulfide, Arsenide, Antimonide, Sulfarsenide und Sulfantimonide, Salze der Kohlensäure, Phosphorsäure, Schwefelsäure, Halogenverbindungen u. a. verbreitet.

Auch die Zahl der auf den Erzlagerstätten vorkommenden Mineralien ist eine außerordentlich mannigfaltigere als die der Gesteinsbildner. Schon Cotta<sup>1)</sup> hat 1859 273 solche als Erze aufgeführt, und Weiß<sup>2)</sup> zählt 1860 allein 93 von den Freiburger Erzgängen auf.

Ferner fällt beim Vergleich zwischen Gesteinen und den Lagerstätten auf, daß letztere in sehr vielen Fällen nach Art, Menge und Struktur ihrer Gemengteile einen viel größeren und rascheren Wechsel zeigen, als jene. Aus alledem ergibt sich schon jetzt, daß die Erzlagerstätten von Gesteinen im allgemeinen wesentlich verschieden sind, daß sie im Verhältnis zum Erdganzen eine sehr untergeordnete Rolle spielen, daß sie nur als akzessorische Bestandmassen der Gebirge aufgefaßt werden können und daß sie zum großen Teil wesentlich anderen Prozessen ihr Dasein verdanken, als die Gesteine.

---

<sup>1)</sup> Erzlagerstätten I, 4 ff.

<sup>2)</sup> Mineralien der Freiburger Erzgänge; Berg- u. Hüttenm. Ztg. XIX, 1860, 301—305.

## Systematische Übersicht der Erzlagerstätten.

Versuche einer Lagerstätten-systematik sind seit Werner in großer Zahl vorgenommen worden, so von Waldauf von Waldenstein,<sup>1)</sup> W. Fuchs,<sup>2)</sup> Burat,<sup>3)</sup> Whitney,<sup>4)</sup> von Cotta,<sup>5)</sup> Grimm,<sup>6)</sup> Lottner und Serlo,<sup>7)</sup> von Groddeck,<sup>8)</sup> Newberry,<sup>9)</sup> G. Köhler,<sup>10)</sup> Phillips,<sup>11)</sup> Pumpelly,<sup>12)</sup> Wadsworth,<sup>13)</sup> Klockmann,<sup>14)</sup> Kemp,<sup>15)</sup> Pošepný,<sup>16)</sup> Höfer,<sup>17)</sup> Gürich,<sup>18)</sup> Louis,<sup>19)</sup> van Hise,<sup>20)</sup> Keyes,<sup>21)</sup> Lotti,<sup>22)</sup> Weed.<sup>23)</sup>

Der nachstehenden Einteilung der Lagerstätten soll das Alter, die Herkunft und Ansiedelungsweise der Mineralien, welche dieselben ausmachen, mit

- 1) Die besonderen Lagerstätten der nutzbaren Mineralien, 1824, 4—6.
- 2) Beiträge zur Lehre von den Erzlagerstätten, 1846, 81—86.
- 3) Géologie appliquée, 1842.
- 4) Metallic wealth of the United States, 1854.
- 5) Erzlagerstätten I, 1859, 2.
- 6) Lagerstätten der nutzbaren Mineralien, 1869, 14—15.
- 7) Leitfaden zur Bergbaukunde, 1869, 3—32.
- 8) Erzlagerstätten, 1879, 84.
- 9) The origin and classification of ore deposits; School of Mines Quarterly, March 1880. Dasselbe in Eng. and Min. Journ. XXIX, 1880, 421—422, 437—438.
- 10) In den verschiedenen Auflagen seiner Bergbaukunde seit 1884.
- 11) Treatise on ore deposits, 1884, 3; 1896, 3—10.
- 12) Johnson's Encyclopaedia, 1886, VI, 22. Zitiert in Kemps Ore deposits.
- 13) Rep. of the State Geologist of Michigan for 1891—92, 144—145.
- 14) Lehrbuch der Mineralogie, 1892, 400—406; 1900, 595—602.
- 15) Ore deposits; gibt eine Zusammenstellung eines Teils der hier zitierten Systeme und teilt ferner das nicht veröffentlichte System Munroes mit.
- 16) Genesis der Erzlagerstätten; Jahrb. k. k. Bergakademien XLIII, 1895.
- 17) Benennung und Systematik der Lagerstätten nutzbarer Minerale; Zeitschr. f. praktische Geologie, 1897, 112—116.
- 18) Einteilung der Erzlagerstätten; ebenda 1899, 173—176.
- 19) Grundsätze der Classification der Minerallagerstätten; ebenda 1900, 275—278.
- 20) Some principles controlling the deposition of ores; Transact. Am. Inst. Min. Eng. XXX, 1901, 27—177.
- 21) Origin and classification of ore deposits; Transact. Am. Instit. of Min. Eng. XXX, 1901, 323—356.
- 22) I depositi dei minerali metalliferi, 1903, 28.
- 23) Ore deposits. A discussion re-published from the Engineering and Mining Journal, New York 1903, 20—23.

Rücksicht auf das die Lagerstätte umschließende Gestein zugrunde gelegt werden. Die Erzlagerstätten können entstanden sein:

I. Protogen.	A.	Syngenetisch	{ mit Eruptivgesteinen.	{ 1. Eruptive Lagerstätten.
			{ mit Sedimentärgesteinen.	{ 2. Schichtige Lagerstätten.
	B.	Epigenetisch	{ a) durch Ausfüllung vorhandener Hohlräume. Hohlraumfüllungen.	{ 3. Spaltenfüllungen.
			{ b) durch Verdrängung des Nebengesteins auf chemischem Wege.	{ 4. Höhlenfüllungen.
II. Deutero-gen.	C. Innerhalb des beherbergenden Gesteinskörpers durch örtliche Umlagerung und Wanderung, unter gleichzeitiger chemischer Umbildung konzentriert; dabei können gewisse Bestandteile des Muttergesteines chemisch oder mechanisch weggeführt worden sein.			{ 5. Metasomatische Lagerstätten.
	D. Durch mechanische Aufbereitung bereits vorhandener Lagerstätten entstanden und nach kürzerem oder längerem Transport mechanisch konzentriert.			{ 6. Metathetische Lagerstätten (eluviale Seifen).
				{ 7. Alluviale Lagerstätten (alluviale Seifen).

Es mögen sich hieran einige Ausführungen schließen.

I. Die protogenen Lagerstätten (*πρώτος*, der Erste, Fröheste; *γίγνεσθαι*, entstehen, also die ursprünglichen) besitzen einen Erzgehalt, welcher der Lagerstätte seit ihrer Entstehung eigentümlich ist und aus einem Glutfluß bzw. einer Lösung sich darin verfestigt hat.

A. Zu den syngenetischen Lagerstätten (*συγγίγνεσθαι*, zu gleicher Zeit entstehen) gehören solche, deren Erzgehalt mit dem umschließenden Nebengestein gleichalterig ist. Lagerstätte und Nebengestein sind das Produkt eines und desselben gesteinsbildenden Vorganges.

1. In den eruptiven Lagerstätten ist das Erz primärer Bestandteil eines Eruptivgesteines, gleichviel ob in demselben verteilt oder in derben Massen angehäuft. Die Magnetit- und Titaneisenausscheidungen gewisser Eruptivgesteine gehören in diese Gruppe; letztere umfaßt einen Teil der „massigen Lagerstätten“ v. Groddeck's und entspricht fast genau den „magmatischen Ausscheidungen“ nach Vogt. Man könnte diese Lagerstätten auch als „pyrogene“ (*πῖρ*, das Feuer) bezeichnen.

2. In den schichtigen Lagerstätten ist der Erzgehalt aus Lösungen niedergeschlagen worden, welche auch die Bestandteile des Gesteines in mechanischer Suspension, teilweise vielleicht gleichfalls in Lösung enthalten haben. Der Kupfergehalt gewisser Zechsteinschichten gehört hierher. Da die Lagerstätte selbst, wie z. B. gewisse mächtige Eisenerzlager, keine Schichtung zu zeigen braucht, so kann sie nicht als „geschichtet“ bezeichnet werden, und der Ausdruck „schichtig“ ist wohl vorzuziehen. Zu dieser Gruppe gehören nicht diejenigen Lagerstätten, in welchen das Erz im verfestigten, fertigen Zustand als Geröll, Sand usw. infolge eines mechanischen Transportes abgelagert worden ist. Solche werden später als „Seifen“ besprochen werden.

Die „schichtigen Lagerstätten“ umfassen die Flöze und einen Teil der Linsen, Lager und Imprägnationen der früheren Autoren.

B. Auf den epigenetischen Lagerstätten (*ἐπιγενεσθαι*, später entstehen) sind die Mineralien erst nach der Entstehung des umgebenden Gesteines in dieses eingewandert. Der wesentliche Unterschied zwischen den Spalten- und Höhlenfüllungen besteht in der Entstehungsart des Ansiedelungsraumes. Als Spalte soll das Ergebnis einer mechanischen Zerreißung, als Höhle dasjenige einer chemischen Auflösung bezeichnet werden. Dabei ist aber zu bemerken, daß der Bildung von Höhlen, welche nur in auflöslichem Gestein möglich ist, stets eine mechanische Spaltenbildung vorausgegangen sein muß. Die Gestalt der Höhlenfüllungen ist im allgemeinen komplizierter als diejenige der Spaltenfüllung; zu ihnen gehören viele als Butzen, Schmitzen, Lager, Schläuche und Stöcke bezeichnete Lagerstätten.

Spaltenfüllungen bezeichnet man als Gänge. Wo viele Erzgänge von kleinen Dimensionen sich häufen, entstehen gleichfalls Lagerstätten von stockförmiger Gestalt, die „Stockwerke“. Auch die durch Imprägnation und Infiltration entstandenen Lagerstätten müssen hier ihren Platz finden, sobald die Durchtränkung des Nebengesteines auf mechanisch gebildeten Spältchen vor sich gegangen ist.

Die Gruppe 5 entspricht den „metasomatischen Pseudomorphosen“ Naumanns (*μσνά*, nach, anstatt, im Sinne der Stellvertretung; *σώμα*, der Leib).<sup>1)</sup> Diese entstehen infolge einer allmählich, Molekül für Molekül stattfindenden Verdrängung der einen Substanz durch eine andere, wobei die Kristallisation des einen Körpers die Zerstörung und Auflösung des anderen, verdrängten, bedingt; z. B. Zinnerz nach Feldspat, wobei man annehmen darf, daß Zinnoxid unter Einwirkung von Wasserdampf auf Zinnfluorid gebildet wurde, indem Flußsäure entstand, welche den Feldspat zerstören mußte.

Metasomatische Lagerstätten sind nur möglich in Gesteinen, welche durch den Vorgang eines Erzabsatzes aufgelöst werden können, wenn also eine Wechselwirkung zwischen der Last irgendwelcher Lösungen und dem von diesen durchströmten Gestein stattfinden kann, wenn also z. B. durch den Erzabsatz innerhalb eines Kalksteines Säuren verfügbar werden. Tatsächlich finden sich metasomatische Lagerstätten größeren Umfanges nur im Kalkstein. Aber auch eine Verdrängung quarz- und silikatführenden Nebengesteines findet statt und weist dann auf die Anwesenheit ganz besonderer, die Erze bringender Agentien hin.

Höhlenfüllungen können von Spaltenfüllungen nicht scharf geschieden werden, und eine Metasomatose ist eine häufig beobachtete Begleiterscheinung der ersteren; sie spielt auch bei Spaltenfüllungen mitunter eine beachtenswerte Rolle und überläßt dann in beiden Fällen der Willkür die Entscheidung, ob man eine Lagerstätte als metasomatische oder als Hohlraumfüllung zu bezeichnen habe.

Vielen Metallen, wie z. B. dem Kupfer, wohnt eine große Beweglichkeit inne, welche es denselben gestattet, aus ihrer ursprünglichen Lagerstätte auszuwandern und sich in manchmal anderer Verbindung, die den jeweiligen chemisch-physikalischen Verhältnissen entspricht, in Spältchen, Rissen und Klüften innerhalb des sie ursprünglich beherbergenden Gesteinskörpers wieder anzusiedeln. Die Beurteilung des eigentlichen Charakters solcher Lagerstätten ist dann manchmal sehr schwierig und oft nur auf Grund geologischer Gesichtspunkte und der Erfahrungen möglich. Hat sich z. B. in einem Sandstein der Kupfergehalt in irgendwelchen Verbindungen (z. B. Karbonaten) auf Spältchen und Rissen konzentriert, so ergibt sich manchmal aus dem Gesamt-Vorkommen aller

<sup>1)</sup> Elemente der Mineralogie, I. Aufl. 1846, 99.

dieser epigenetischen Lagerstätten innerhalb eines ganz bestimmten Horizontes mit logischer Wahrscheinlichkeit, daß Kupfererz ursprünglich in abbauwürdiger Menge in diesem Horizont als syngenetischer Absatz vorhanden gewesen sein muß. Man wird also das Ganze als ein Kupfererzlager bezeichnen. Hat sich aber der in einem Serpentin vorhandene Nickelgehalt oder etwa das in den Silikaten eines Melaphyrs enthaltene Kupfer bei der Verwitterung des Gesteines auf Spalten konzentriert, so sind erst diese Spalten zu Lagerstätten geworden; man wird sie als epigenetisch bezeichnen dürfen, weil der Serpentin und der Melaphyr wegen ihres geringen Durchschnittsgehaltes überhaupt keine Erzlagerstätten gewesen sind und zum mindesten als solche nicht erkennbar oder benutzbar gewesen wären. Wandert das in einem Gesteinsschmelzfluß enthaltene Metall bei dessen Festwerden aus, um sich aus Gasen oder Lösungen im älteren Nebengestein anzusiedeln, so gibt das keine syngenetische, sondern eine epigenetische Lagerstätte, auch wenn die Herkunft des Metalles dieselbe ist wie diejenige der „magmatischen Ausscheidungen“.

Die oben gegebene, auf genetische Gesichtspunkte gegründete Systematik fragt nicht nach der Urheimat der Metalle, welche sich nur in wenigen Fällen mit Bestimmtheit ermitteln läßt. Sie stützt sich vielmehr auf eine Beurteilung des Altersverhältnisses zwischen dem Gebirgskörper und der darin enthaltenen Erzlagerstätte von dem Zeitpunkte an, wo letztere als geologisches Individuum überhaupt in Erscheinung trat.

II. Deutero gene Lagerstätten (*δευτερος*, der Zweite, an zweiter Stelle) sind solche, deren Erz schon vorher an einer anderen Stelle protogenetisch entstanden war und später auf chemischem oder mechanischem Wege eine Verlagerung oder Konzentration erfahren hat.

6. Manche Lagerstätten sind dadurch entstanden, daß der nutzbare Stoff zwar schon von Haus aus in dem Gebirgsgliede vorhanden war, daß er aber eine kurze Wanderung, manchmal unter Wiederauflösung, und zumeist auch eine chemische Veränderung durchmachte, durch welche die ursprüngliche Form seines Vorkommens verwischt wurde. Man kann diesen Vorgang als eine Metathese (*μετάθεσις*, die Umsetzung) und die Lagerstätten als metathetische bezeichnen.<sup>1)</sup> Diese Bildungsweise entspricht derjenigen der sogen. Lößkinder, einer Konzentration des Kalks im Löß. Eine Metathese kann in der Weise zur Bildung von Lagerstätten führen, daß das zu Tage austreichende Muttergestein eines nutzbaren Stoffes durch die Atmosphärrilien weggeführt wird und ersteres dann an Ort und Stelle eine Konzentration erfährt. Eine solche Entstehung muß man z. B. für manche Bohnerze annehmen, welche sich auf Kalkstein gebildet haben, und auch die „Terra rossa“ vieler Kalkgebirge gehört hierher.

7. Das Wesentliche der alluvialen Seifen besteht darin, daß ihr Erzgehalt einen Transport in festem Zustand erfahren hat und mehr oder weniger entfernt von seiner eigentlichen Bildungsstätte gefunden wird. Gold, Platin, Edelsteine u. a. kommen auf solchen Seifen vor. Sind solche Seifen jung, so besitzen sie die Beschaffenheit loser Gerölle und Sande, in höherem Alter werden sie zu klastischen Gesteinen. Merkwürdigerweise kennt man sehr viel oberflächlich lagernde jugendliche, hingegen fast gar keine Seifen älterer Formationen.

Aus syngenetischen Lagerstätten können durch Metathese übrigens epigenetische hervorgehen. So sind die in den Klüften eines stark zersetzten Serpentin auftretenden Nickelerze durch metathetische Anreicherung des in letzterem spärlich verteilten Nickelgehaltes entstanden; durch „Lateralsekretion“ sind sie aus dem Gestein ausgelaugt worden. Auch innerhalb eines bereits vorhandenen

<sup>1)</sup> Diese Bezeichnung hat Stelzner im Jahre 1894 aufgestellt. Zuvor hatte er von eluvialen, transformierten oder diagenetischen Lagerstätten gesprochen.

Erzkörpers kann eine Umlagerung des ursprünglichen Stoffgehaltes durch Metathese mitunter zu einer technisch außerordentlich wertvollen Anreicherung führen. So wandert der Silber- oder Kupfergehalt im Ausstrich manches Ganges infolge dessen Verwitterung nach unten und konzentriert sich dort zu reichen Zonen; letztere sind offenbar metathetischer Entstehung, man wird aber gleichwohl nur von einer epigenetischen, protogenen Gangfüllung und nicht von zwei verschiedenen Lagerstättentypen sprechen.

Wo solche Unsicherheiten bezüglich der Zugehörigkeit herrschen, wird man die Lagerstätten stets demjenigen Typus unterzuordnen haben, welcher die heutige Form und ihr Wesen in erster Linie bedingt, die übrigen an der Gestaltung der Lagerstätte beteiligten Prozesse aber als Nebenerscheinungen behandeln. Häufig wird es nötig sein, die Entwicklungsgeschichte auf weniger sicherem Wege rückwärts zu verfolgen, wobei freilich mancher subjektiven Auffassung ein weiter Spielraum gelassen ist.

Derartige Unvollkommenheiten haften aber jedem Systeme an; denn jede Systematik bringt eben nur die jeweiligen Erfahrungen zum Ausdruck.

## I. Protogene Lagerstätten.

### 1. Die eruptiven Lagerstätten.

(Erzführende Eruptivgesteine oder pyrogene Lagerstätten; massige Lagerstätten, von Groddeck; Gîtes en inclusions dans les roches éruptives, de Launay, Magmatische Ausscheidungen, Vogt.)

Wesen: Die Bezeichnung „eruptive Lagerstätten“ soll derjenigen der eruptiven Gesteine entsprechen. Die nutzbaren Mineralien treten als authigene — in dem Gestein selbst gebildete — Elemente von eruptiven Gebirgsgliedern auf. Sie haben sich während der Verfestigung eines Magmas in dem entstehenden Gesteine selbst ausgeschieden, und ihre Bestandteile gehörten jenem Magma an. Im allgemeinen sind sie nach Art der Silikate usw. aus dem Schmelzfluß auskristallisiert (magmatische Ausscheidungen); insbesondere innerhalb saurer Magmen ist indessen ein Zutun pneumatolytischer Prozesse, welche sich während der Festwerdung des Gesteines abspielten, nicht ganz ausgeschlossen, und da diese letzteren auch auf das Nebengestein übergreifen konnten, so berührt sich diese Gruppe von Lagerstätten in einzelnen Fällen mit derjenigen der epigenetischen.

Die Eruptivgesteine enthalten als mehr oder weniger häufige Übergemengteile Erze, wie Magneteisenerz, Titaneisenerz, Chromit, manchmal auch Magnetkies und Eisenkies in Körnchen und Kriställchen, welche zweifellos aus dem Magma selbst ausgeschieden worden sind. Dabei sind in bestimmten Gesteinen

auch gewisse Schwermetalle und solche enthaltende Übergengenteile besonders häufig, so z. B. Zinn als Zinnerz und in zinnhaltigen Feldspaten in Graniten, Titaneisen und Magneteisenerz (häufig titanhaltig) in Gabbros, in Diabasen und Basalten, Chromeisenerz in Peridotiten und den daraus hervorgehenden Serpentinien neben anderen chromhaltigen Mineralien.

Im ganzen sind solche Erze viel häufiger in basischen als in sauren Gesteinen. So enthält der Granit im Durchschnitt gewöhnlich bei 65—75 % Kieselsäure nur etwa 2 % FeO und Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (in Silikaten, Magnetit, Eisenglanz und Titaneisen), während in so basischen Magmen wie den Gabbros (mit 40 bis 45 % Kieselsäure) im Mittel 8 %, in den Feldspatbasalten ungefähr 13 % jener Sauerstoffverbindungen angetroffen werden.

Diese Schwermetalle enthaltenden Übergengenteile gehören meistens zu den ersten Ausscheidungen des glutflüssigen Magmas; im allgemeinen liegt wenigstens der Mineralausscheidung in den Eruptivgesteinen die nachstehende Reihenfolge zugrunde:

1. Magnetit, Ilmenit, Chromit, Chromspinell, Apatit, Zirkon, Titanit, Perowskit.

2. Die Eisen- und Magnesia-Silikate: Glimmer, Pyroxen, Amphibol und Olivin.

3. Feldspate und Quarz.

Wenn Verbindungen der Schwermetalle oder sonstige im großen nutzbare Übergengenteile nur in geringer Menge in einem Gestein vorhanden sind, so ist ihr Interesse freilich nur ein rein wissenschaftliches. So enthält z. B. der Syenit des Plauenschen Grundes bei Dresden im Minimum 1,44 % (titanhaltigen?) Magnetit, d. i. im Kubikmeter 39,14 kg, gleich einem Würfel von 19,8 cm Seitenlänge. Vom technischen Gesichtspunkt aus verdient indessen ein solcher Metallgehalt nur insofern Beachtung, als er infolge natürlicher Aufbereitung — für Seifen — oder durch Vermittelung chemischer Prozesse — etwa zur Füllung von Spalten durch Auslaugung — das Rohmaterial für ausgiebigere Lagerstätten abgeben könnte.

Aber auch in den Eruptivgesteinen selbst findet mitunter eine primäre Anreicherung der metallführenden nutzbaren Bestandteile statt:

1. indem sich die zuerst ausgeschiedenen Mineralien innerhalb des noch flüssigen Magma-Restes zu Schlieren, „Primärtrümmern“, Konkretionen zusammenballen;

2. dadurch, daß sich, wie im gesamten Glutflusse des Erdinnern, so auch innerhalb jedes einzelnen zur Eruption gelangenden Teiles desselben Spaltungen oder Differenzierungen, das sind Störungen der stofflichen Homogenität, vollziehen können infolge der rascheren oder langsameren Abkühlung der verschiedenen Teile, vielleicht auch infolge verschiedenen spezifischen Gewichts der ausgeschiedenen Gemengteile und aus anderen uns noch unbekanntem Ursachen.<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Über diese Erscheinungen, welche in der Petrographie eine so große Rolle spielen, handelt ausführlich F. Zirkel, Lehrbuch der Petrographie, 1893, I, 778—794.

So sei daran erinnert, daß die Granite mitunter an Übergemengteilen besonders reiche Primärtrümer von Feldspat und Quarz, ferner dunkle, glimmerreiche, basischere Konkretionen, reich an Erzen, Titanit, Apatit und Zirkon, enthalten, daß manche Diorite (Kugeldiorite) eigenartig zusammengesetzte Sphäroide führen, und daß man in Basalten nicht selten peridotitartige Zusammenballungen von Olivinen, Chromit, Chromdiopsid usw. findet.

In der Petrographie sind zahlreiche Beispiele bekannt, bei denen die Sahlbänder eines Gesteinsganges viel basischer sind als die Gangmitte, oder wo die Peripherie z. B. eines Granit- oder Syenitstockes mehr basische Ausscheidungen enthält als das Zentrum.<sup>1)</sup> Bei den Zusammenscharungen der Erzausscheidungen aus basischen Eruptivgesteinen bemerkt man aber sehr häufig, daß sie gerade die zentralen Teile des Eruptivstockes ausmachen: so am Taberg in Schweden, und bei gewissen Titaneisenerzvorkommnissen des südlichen Norwegens.

Der Übergang der in der Regel basischeren, erzführenden Schlieren, Butzen oder Klumpen gegen das Nebengestein kann manchmal ein so schroffer sein, daß eine Verwandtschaft beider erst durch genauere Untersuchung festzustellen ist. Der Unterschied zwischen der mineralogischen Zusammensetzung des Muttergesteins und den darin auftretenden Erzanreicherungen ist indessen ganz allgemein ein mehr quantitativer als qualitativer. Häufig, nicht immer, sind die Erzmassen durch allmähliche Übergänge mit dem Nebengestein verbunden, — Muttergestein und Ausscheidungen sind einander „blutsverwandt“.

Bei gewissen eruptiven Erzlagerstätten hat keine auffällige Anreicherung des Nutzbaren in dem Muttergestein stattgefunden; das nutzbare Mineral findet sich genau so wie die normalen Bestandteile des Gesteins durch das letztere verteilt und wird durch künstliche Konzentration gewonnen. Dies gilt selbstverständlich nur von so wertvollen Objekten, wie z. B. Diamant, der als akzessorischer Gemengteil eines Serpentin immer noch gewinnungswürdig bleibt.

Mit eruptiven Vorgängen steht die Entstehung sehr vieler Mineralvorkommnisse in mehr oder weniger sicherem Zusammenhang, welche gleichwohl nicht als eruptive Lagerstätten in dem oben bezeichneten Sinn benannt werden

Darin zahlreiche Literaturangaben. Siehe ferner Reyer, Theoretische Geologie, 1888, an verschiedenen Stellen, und Rosenbusch, Über die chemischen Beziehungen der Eruptivgesteine; *Tscherm. min. petr. Mitt.*, XI, 1890, 144—178. Über den Chemismus der magmatischen Ausscheidungen lese man: Morozewicz, Experimentelle Untersuchungen über die Bildung der Minerale im Magma; *Tscherm. Min. Petr. Mitt.* XVIII, 1899, 1—90, 105—238. Lagorio, Über die Natur der Glasbasis, sowie der Kristallisationsvorgänge im eruptiven Magma; ebenda VIII, 1887, 421—529. — Vogt, Studier over Slagger; *Bihang till Svensk. Vet.-Ak. Handl.* IX, 1884, 1—302; *Ref. Ztschr. f. Krist.* IX, 1886, 319—325. — Ders., Beiträge zur Kenntnis der Gesetze der Mineralbildung in Schmelzmassen; *Arch. for Math. og Naturv.* XIII, 1888, 1—96, XIII, 1890, 310—402, XIV, 1890, 11—93; *Ref. ebendort*, XXI, 1893, 168—174.

<sup>1)</sup> Siehe darüber die Literaturangaben bei Bücking, Mitteilungen über die Eruptivgesteine der Sektion Schmalkalden (Thüringen); *Jahrb. preuss. Landes-Anst.*, 1887, 119—139; Brögger, Die Mineralien der Syenitpegmatitgänge der südnorwegischen Augit- und Nephelinsyenite; *Ztschr. f. Kristallographie*, XVI, 1890, 64; Vogt, *Ztschr. f. prakt. Geol.*, 1893. 4—5.

dürfen; es sind hier diejenigen Mineralabsätze gemeint, welche sich nach der Verfestigung der glutflüssigen Ergüsse auf Spalten und Klüften durch Sublimation bilden: so die Ansiedelungen von Eisenglanz, Tenorit ( $\text{CuO}$ ), Atacamit ( $\text{Cu}[\text{OH}]\text{Cl} \cdot \text{Cu}[\text{OH}]_2$ ), Cotunnit ( $\text{PbCl}_2$ ) usw. auf tätigen Vulkanen. Sie haben nie eine technische Bedeutung erlangt, haben aber hohes theoretisches Interesse für das Verständnis der Vorgänge, welche möglicherweise zur Entstehung epigenetischer Lagerstätten führten. Auch die rezenten Absätze von vulkanischem Schwefel und Borsäure gehören nicht hierher.

\* Dagegen scheint es, als ob bei manchen Effusivgesteinen noch im glutflüssigen Zustande eine Vererzung gewisser Silikate durch Metalldämpfe stattfinden könne, so daß das erstarrte Gestein tatsächlich ein Erz sein kann, ohne daß es sich dabei um magmatische Ausscheidungen handelte. Weiter unten sollen Beispiele für diese Gruppe von eruptiven Lagerstätten angeführt werden. \*

Erwiesenermaßen enthalten die farbigen Gemengteile, besonders der basischeren Eruptivgesteine, hier und da auch Spuren von anderen Schwermetallen als Eisen, Chrom und Mangan, nämlich besonders Kupfer, Nickel und Kobalt. Mit größerer oder geringerer Bestimmtheit läßt sich annehmen, daß gewisse Lagerstätten erst dadurch entstanden sind, daß bei der Zersetzung jener Silikate diese Schwermetalle in anderer Verbindung oder in gediegenem Zustand konzentriert worden sind und jetzt als epigenetische Bildungen Klüfte und andere Hohlräume des Muttergesteins erfüllen. Man wird sie dann nicht als eruptive Lagerstätten bezeichnen dürfen. (Siehe S. 18.)

Im folgenden werden eruptive Lagerstätten zu besprechen sein mit

1. vorwiegenden Oxyden,
2. vorwiegenden Sulfiden,
3. gediegenen Metallen,
4. Halogen- und Sauerstoffsalzen.

Anhangweise sollen endlich die primären Lagerstätten des Diamanten beschrieben werden, welcher bergmännisch in den großartigsten Grubenbetrieben gewonnen wird.

## I. Eruptive Lagerstätten oxydischer Erze.

### 1. Zinnerzführende Granite.

Das protogene Auftreten des Zinnerzes ist im großen Ganzen auf gangförmige Lagerstätten beschränkt. Es steht dann sein Vorkommen fast immer im genetischen Zusammenhang mit der Intrusion von Graniten und muß als das Ergebnis unmittelbarer Nachwirkungen derselben bezeichnet werden. Das Erz ist dann, wie sich später zeigen wird, wahrscheinlich aus Dämpfen abgeschieden worden, welche den Graniten noch vor deren völliger Erstarrung entströmten, es ist „pneumatolytischer Entstehung“. In solcher Weise kommt das Zinnerz fast immer mit gewissen charakteristischen Begleitern und vor allem mit bor- und fluorhaltigen Mineralien auf echten Gängen innerhalb des Granites und des Nebengesteines vor, und deshalb muß die Beschreibung fast aller protogenen Zinnerzlagerstätten unter den Erzgängen erfolgen.

Die Feldspate mancher solcher Granite, aber auch diejenigen mancher Gneise, wie z. B. desjenigen von Freiberg, sind etwas zinnhaltig. Zinnerz wurde

auch als ein Bestandteil verschiedener Granite erwähnt, so von Dalmer<sup>1)</sup> neuerdings aus dem Schellerhauer Granit des Erzgebirges, wo sich ein geringer Zinnsteingehalt auch im frischen Gestein, weit ab von Zinnerzgängen nachweisen läßt. Immerhin aber dürften solche Vorkommnisse nicht allzu häufig sein, und es wird in jedem Falle zu bedenken sein, ob nicht das Mineral sekundär in den Granit eingewandert ist, wie man das neben den Zinnerzgängen häufig beobachtet.

Als ein authigener Bestandteil eines Pegmatits scheint Zinnerz in den **Black Hills**<sup>2)</sup> von **Dakota** in Nordamerika aufzutreten; es wurde dort auf der **Etta Mine** in der **Harney Range** eine Zeit lang abgebaut. Das den Granit umgebende Gestein ist ein teilweise recht granatreicher und staurolithführender Glimmerschiefer oder quarzitischer Sandstein.

Granit in Stöcken oder Gängen ist dort allenthalben weit verbreitet. Der Granitstock der **Etta-Grube** hat nur einen geringen Durchmesser von 200 Fuß in der Länge und 100—150 Fuß in der Breite; ursprünglich war dort Glimmer gewonnen worden. Es ist ein ungewöhnlich großkörniger Pegmatit: einzelne Feldspate werden 30—50 cm lang, die Quarze sind teilweise mehrere Fuß dick. Gegen das Nebengestein ist der Pegmatit durch eine Zone dunklen Glimmers geschieden, der mit großen Muskovitplatten wechselt, dann folgt derber Quarz mit unregelmäßigen Nestern von derbem Albit und Orthoklas zugleich mit kolossalen, bis zu 12 m langen und 1 m dicken Prismen von Lithionspodumen, dazu Nester von feinkörnigen Aggregaten von Glimmer und Albit; in diesen Aggregaten ist häufig Zinnerz eingesprengt, teils in kleinen Körnern, teils in Kristallen. Der Zinnerzgehalt beträgt  $2\frac{1}{2}\%$  und mehr. Übrigens kommen auch Zinnerzmassen im Gewicht von über 100 Pfund vor. Nach **Carpenter** fehlt das Zinnerz in dem Gestein, wenn dasselbe gleichmäßig aus Quarz, Glimmer und Feldspat besteht; nur Gemenge von vorwaltendem Quarz und Glimmer oder Glimmer und Albit sollen das Erz umschließen. Letzteres findet sich auch im Innern der Spodumenkristalle. Lithion kommt im Spodumen vor, fehlt aber angeblich den Glimmern; desgleichen sind nicht beobachtet worden Topas und Turmalin, Flußspat und Molybdänglanz. Dagegen fanden sich tonnenschwere Massen von Tantalit (und Columbit?), Apatit, Beryll, Triphylin ( $\text{Li}(\text{Fe}, \text{Mn})\text{PO}_4$ ),

<sup>1)</sup> Ztschr. f. prakt. Geol., 1894, 320.

<sup>2)</sup> **Blake**, The discovery of tin stone in the Black Hills of Dakota; Eng. Min. Journ. XXXVI, 1883, 145—146. — Derselbe, Tin ore veins in the Black Hills of Dakota; Trans. Am. Instit. Min. Eng. XIII, 1885, 691—696. — Derselbe, Tantalite and Columbite in the Black Hills of Dakota; ebenda 696—697. — Derselbe, Tin ore of the **Etta Mine**, Dakota; Eng. Min. Journ. XXXVIII, 1884, 69. — Derselbe, Columbite and Tantalite with the tin ore of the Black Hills; ebenda 376. — **Schaeffer**, Note on tantalite and other minerals accompanying the tin ore in the Black Hills; ebenda 285. — **Blake**, Spodumene crystals of gigantic size; Am. Journ. of Science XXIX, 1885, 71; Ref. N. Jahrb., 1886, II, — 350—. — **Carpenter**, Ore deposits of the Black Hills of Dakota; Transact. Am. Instit. Min. Eng. XVII, 1889, 588—598. — Weitere Literatur in **Kemp**, Ore deposits. 1900. 443.

Heterosit (ein Zersetzungsprodukt des Triplits  $(\text{Fe, Mn})[(\text{Fe, Mn})\text{FPO}_4]$ ), Arsenkies (goldhaltig), Graphit u. a. Mineralien, über deren besonderes Vorkommen keine genaueren Daten vorliegen. Im ganzen ist die Mineralführung recht ähnlich derjenigen vieler Pegmatite (z. B. von Rabenstein im bayrischen Wald); auch die zonenartige Anordnung der Gemengteile, wie sie in verschiedenen zinnerzführenden Pegmatiten der Black Hills beobachtet wird, haben diese mit anderen, z. B. denjenigen des südnorwegischen Syenitgebietes,<sup>1)</sup> gemeinsam. Blake hat mit Nachdruck die Ansicht vertreten, daß die Zinnerze der Black Hills mit dem Quarz, Feldspat, Glimmer usw. gemeinschaftlichen Ursprung hätten.<sup>2)</sup>

Der Zinnstein der Black Hills ist seit 1877 bekannt und wurde seit 1883 bis in die Mitte der neunziger Jahre des XIX. Jahrhunderts abgebaut. Trotz der enormen Summen, welche dem Bergbau geopfert wurden, hat derselbe niemals einige Bedeutung erlangt. Die Vereinigten Staaten besitzen überhaupt keine einigermaßen ergiebige Zinnerzlagerstätte.

Die Etta Mine ist nicht das einzige Vorkommen von Zinnstein in den Black Hills, solche sind vielmehr in der Harney Range in ziemlich weiter Verbreitung angetroffen und unter anderem auch bei Ingersoll abgebaut worden. Die in dem südlichen, zu Wyoming gehörenden Teil des Gebirges, 35 km westlich von Deadwood gelegenen Zinnerze sind wohl aus diesen Lagerstätten hervorgegangen.

## 2. Magneteisenerz und Titaneisenerz.

Magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$  mit 68,97  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  und 31,03 FeO oder 72,41 Fe und 27,59 O), oft titanhaltig, sowie Titaneisen fehlen wohl in keinem Eruptivgesteine und gehören zu den allerersten Ausscheidungen eines solchen. In größeren Mengen finden sich beide, besonders aber das Titaneisen, vorzüglich in den basischen Gesteinen Gabbro, Norit, Labradorfels, Hyperit, Augit- und Nephelinsyenit, Nephelinit, in Diabas, Olivindiabas und Basalten.

Dem Titaneisen ist vorzugsweise der sehr hohe Titangehalt vieler basischer Eruptivgesteine zuzuschreiben; so enthält z. B.

<sup>1)</sup> Brögger, Die Mineralien der Syenitpegmatitgänge der südnorwegischen Augit- und Nephelinsyenite; Ztschr. f. Kristallogr., XVI, 1890, 193, 229—230.

<sup>2)</sup> Für die norwegischen Syenitpegmatite hat Brögger gezeigt, daß deren Gemengteile teils aus dem Schmelzflusse selbst erstarrt, teils pneumatolytisch, d. h. unter Zutun von Dämpfen und Lösungen von Fluor, Chlor, Bor, Schwefel und Arsen entstanden sind (l. c. 148—168). Dabei haben sich die pneumatolytischen Gebilde z. T. schon während der Erstarrung des Gesteines gebildet und sind keine späteren Ansiedelungen. Man darf deshalb auch das Zinnerz, so wie es in den Black Hills nach Blake auftritt, auch wenn es möglicherweise unter Zutun der Pneumatolyse entstand, als einen syngenetischen Bestandteil des Pegmatits bezeichnen, und die Zinnerzlagerstätte ist also „eruptiv“. Letztere Bezeichnung hat eine umfassendere Bedeutung als diejenige der „magmatischen Ausscheidung“, womit nur eine Kristallisation aus dem Glutfluß ohne Zutun der Pneumatolyse gemeint ist. Die große Verwandtschaft zwischen dem Zinnerzgehalt der Pegmatite und den Zinnerzgängen in Graniten ist natürlich zweifellos.

der Quarzdiorit von Val Savaranche in den graischen Alpen	1,10	TiO <sub>2</sub> ,
der Gabbro von Harzburg	1,75	"
der Olivinggabbrodiabas (Essexit) von Brandberg in Norwegen	4,00	"
die Basaltlava des Hekla	1,50	"
der Basalt von Scharfenstein in Böhmen	2,13	"
der Dolerit von Londorf in Hessen	1,82	"
der Malaphyr von Holmestrand in Südnorwegen	2,95	"
der Hornblendediabas von Graeveneck in Nassau	3,08	"
der Diabas von Ottfjäll in Schweden	1,68	"
der Diabas des Whin Sill in Durham, England	2,42	"

Titanhaltiger Magnetit und Titaneisen, häufig beide vereinigt, finden sich in basischen Gesteinen mitunter zu Erzkörpern konzentriert, welche bald mehr bald weniger andere Gemengteile der ersteren umschliessen, bald reine körnige Massen bilden können.

### Titanhaltige Magneteisenerze.

Die Magneteisenerzlagerstätte des **Tabergs**<sup>1)</sup> in Småland (Schweden), 11 km südlich von Jönköping, wird als eine magmatische Ausscheidung in einem Hypersthenorit (oder „Hyperit“, einem strukturellen Mittelglied zwischen Olivin-gabbro und Olivindiabas) aufgefaßt. Solche Gesteine sind in Schweden häufige Erscheinungen als Einlagerungen im Gneis. Die Hyperitlinse des Tabergs hat eine Länge von fast 2 km und eine oberflächliche Breite von etwa 600 m und bildet einen etwa 125 m über die Umgebung aufragenden Berg. Das Gestein besteht aus Plagioklas, einem rhombischen Pyroxen, Diallag, Olivin, Apatit, Magnetit und Titaneisen, geht aber gegen die Mitte zu ganz allmählich in ein Gemenge von vorwaltendem titanhaltigen Magnetit, Olivin, untergeordnetem Biotit und von Plagioklas über; letzterer fehlt den magnetitreichsten zentralen Partien ganz. Der Erzkörper ist etwa 1 km lang und 450 m breit und zeigt eine völlig richtungslose Struktur. Nach der Peripherie zu wird das normale Gestein schiefrig und amphibolitartig (Fig. 1 S. 26). Das Erz („Magnetit-Olivinit“) enthält 43–44% Fe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, 6,3% TiO<sub>2</sub>, etwas Vanadin und etwa 0,12% Phosphorsäure.

<sup>1)</sup> Hausmann, Reise durch Skandinavien in den Jahren 1806 und 1807, I, 158–167. — A. Sjögren, Om forekomsten af Tabergs jernmalmsfyndighet i Småland; Geol. Fören. Förh., III, 1876–1877, 42–62; Ref. N. Jahrb., 1876, 434–435. — Törnebohm, Über die wichtigeren Diabas- und Gabbro-Gesteine Schwedens; N. Jahrb., 1877, 379 bis 393, bes. 392–393. — Ders., Om Taberg i Småland och ett par dermed analoga jernmalmsförekomster; Geol. Fören. Förh., V, 1881, 610–619; Ref. N. Jahrb., 1882, II, — 66–67. — Igelström, Bidrag till frågan om malmernas af Tabergstypen geognosi; Geol. Fören. Förh., VI, 1882–1883, 319–322. — A. Sjögren, Några anmärkningar medanledning af A. E. Törnebohms uppsats om Taberg i Småland; ebenda 264–267. — Vogt, Om dannelsen af de vigtigste i Norge og Sverige representerede grupper af jern malm forekomster; Geol. Fören. Förh., XIII, 1891, XIV, 1892; Ref. N. Jahrb., 1893, II, — 68–70. — Ders., Ztschr. f. prakt. Geol., 1893, 8–9. — Zirkel, Lehrbuch der Petrographie, 2. Aufl., 1893, II, 788, 792. — Rosenbusch, Mikroskopische Physiographie der massigen Gesteine, 3. Aufl., 1896, 301–302, 321–322. Siehe auch 2. Aufl., 1887. 147, 151–152.

Der Bergbau am Taberg ist sehr alt und hat frühzeitig zur Entstehung einer großen Zahl von Eisenhütten in seiner Umgebung Anlaß gegeben. Das Erzareal umfaßt 260000 qm.

Ähnliche Vorkommnisse untergeordneter Art finden sich in Schweden u. a. zu Långhult in der Landvogtei Kronsburg und zu Ransberg in der Landvogtei Skaraborg. Auch mag ein von Wadsworth beschriebenes ganz ähnliches

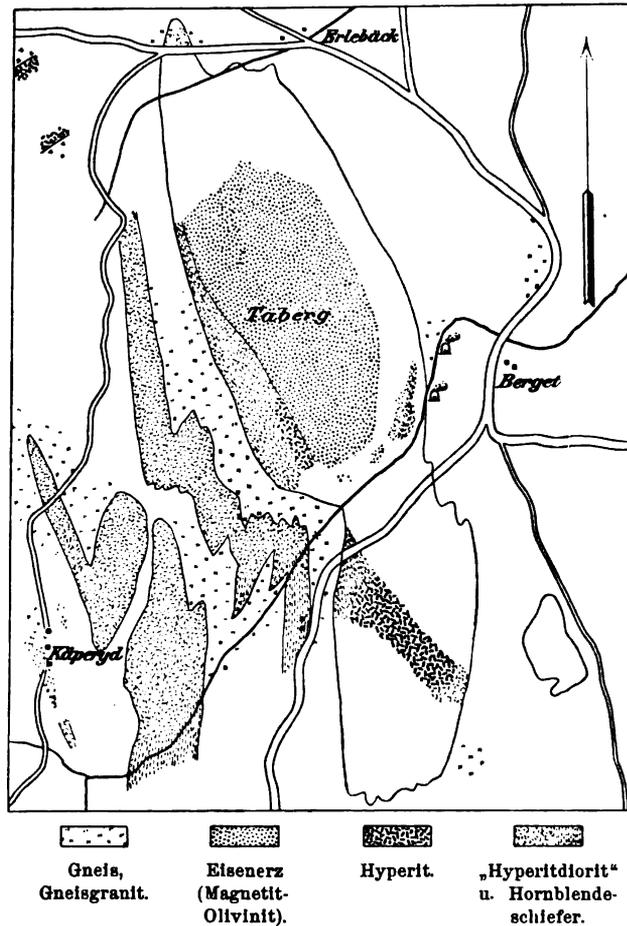


Fig. 1. Geologische Kartenskizze des Tabergs. 1:22000. (Törnebohm 1881.)

Vorkommen von Iron Mine Hill in Rhode Island erwähnt sein. Das dortige Erz enthält etwa 45%  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  und 10%  $\text{TiO}_2$ .<sup>1)</sup> Ob auch die Eisenerzlagerstätten von Mineville und Barton Hill am Lake Champlain im Staate New York hierher gehören, bleibt einstweilen unentschieden. Sie wurden vorläufig unter den schichtigen Lagerstätten behandelt.

<sup>1)</sup> Bull. of the Museum of comparative Zoology, Harvard College, VII, 1881, 183—187. Zitiert von Törnebohm und Ref. N. Jahrb., 1888, II, — 224 —.

Törnebohm<sup>1)</sup> erwähnt das Vorkommen von kuchenförmigen Konkretionen titanhaltigen Magneteisens im Åsby-Diabas Nordschwedens, welche ausgebeutet worden sind.

**Välimäki in Finland.** Ein dem Taberger ganz ähnliches Vorkommen ist im Kirchspiel Sordavala an der Nordwestecke des Onega-Sees in Finland bekannt. Dort wird im Grubenfeld Välimäki seit 1884 ein titanhaltiges Magneteisenerz abgebaut. Ein elliptischer Stock von Gabbrodiorit (Labrador, Uralit, Biotit und Diallag), gegen 3,5 km lang und 1—1,5 km breit, wird mantelförmig umhüllt von Glimmerschiefer, und an verschiedenen Stellen ist jenes Gestein angereichert mit Magneteisenerz, wobei es die Zusammensetzung eines Magnetit-Diallag-Olivinit (Olivin, Diallag samt Bronzit, titanhaltiges Magneteisen, etwas Spinell, Schwefelkies, Magnetkies, Glimmer, Apatit usw.) annimmt.

Nachstehend seien die Zusammensetzungen des Taberger und des Välimäki-erzes einander gegenübergestellt:<sup>2)</sup>

	Taberg	Välimäki		Taberg	Välimäki
SiO <sub>2</sub> . . . . .	21,25	18,62	MgO . . . . .	18,30	8,29
TiO <sub>2</sub> . . . . .	6,30	2,90 (?) 5,08	CaO . . . . .	1,65	4,76
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	5,55	1,43	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0,127	0,011
Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> . . . . .	43,45	.....	S . . . . .	0,013	Spur
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	.....	63,40	Cu . . . . .	0,02	—
MnO . . . . .	0,40	0,15	H <sub>2</sub> O . . . . .	2,60	—

Välimäki produzierte 1896 7500 t Erz.

### Die Titaneisenerzlagertätten.<sup>3)</sup>

Das Titaneisenerz kommt fast ganz ausschließlich in Eruptivgesteinen vor, und zwar sind es vorzugsweise die Nephelinsyenite (z. B. im Distrikt São Paulo in Brasilien, zu Magnet Cove in Arkansas, zu Miask im Ural und auf der Insel Alnö an der Ostküste von Schweden) und ganz besonders Gesteine der Gabbrogruppe, welche reichlichere Ausscheidungen dieses Erzes enthalten.

Da die Lagerstätten von nur untergeordnetem bergmännischen Wert sind, so mögen sie hier kürzer behandelt werden, als dies in einem Lehrbuch der Petrographie geschehen würde; denn in der Tat gibt es keine besseren Beispiele für die Vorgänge einer magmatischen Differentiation in basischen Schmelzflüssen als gerade die an Gabbro und verwandte Gesteine gebundenen Titaneisenerzausscheidungen. Als Muttergesteine dieser Ausscheidungen kommen, abgesehen

<sup>1)</sup> l. c. 1877. 269.

<sup>2)</sup> Blankett, Om Välimäki malmfält, jämte några andra geologiska data från Sordavala socken i Östra Finland; Geol. För. Förh., XVIII, 1896, 201—227. Enthält eingehende petrographische Untersuchungen.

<sup>3)</sup> Es sei besonders verwiesen auf Kemp. Titaniferous Iron ores of the Adirondacks; XIX. Ann. Rep. U. St. Geol. Survey, 1897—1898, III, 483—422, mit Literatur, und Vogt, Weitere Untersuchungen über die Ausscheidungen von Titaneisenerzen in basischen Eruptivgesteinen; Ztschr. f. prakt. Geol., 1900, 233—242, 370—382; 1901, 9—19, 180—186, 289—296, 327—340.

von den Vorkommnissen in Nephelinsyenit, die hier übergangen werden dürfen, die Labradorgesteine von nachstehender Zusammensetzung in Betracht, welche bekanntlich durch Übergänge in wechselnden Typen miteinander verbunden zu sein pflegen:

Diallag + Plagioklas	Gabbro
Diallag + Plagioklas + Olivin	Olivingabbro
Rhomb. Pyroxen + Plagioklas	Norit
Rhomb. Pyroxen + Plagioklas + Olivin	Olivinnorit.

Dazu kommen die durch Zurücktreten des Plagioklases sich entwickelnden Hypersthenite, Enstatite, Harzburgite u. a. und besonders die reichlich Plagioklas führenden, als Anorthosite und Labradorite bezeichneten Gesteine. Hingegen sind solche Titaneisenerzausscheidungen bisher in eigentlichen Peridotiten kaum bekannt geworden.

Die genannten Gesteine sind schon an und für sich gewöhnlich reich an Titanverbindungen und besonders Titaneisen. Das Erz kann sich aber in den intrusiven Massen lokal und zwar besonders gern in den zentralen Partien derselben dermaßen konzentrieren, daß Spaltungsprodukte entstehen, welche man als Ilmenitgabbros, Ilmenitnorite, Ilmenitenstatite und endlich als derbe Ilmenite bezeichnen darf; dabei lassen sich häufig schrittweise Übergänge vom normalen Labradorgestein in die erzreichsten Partien beobachten.

Auf Grund eines sehr umfangreichen Analysenmaterials ist Vogt zu folgenden Feststellungen über die bei der Ausscheidung der Titaneisenmassen vor sich gehenden Konzentrationen gelangt. Während das Muttergestein allgemein reicher an FeO als an  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  ist, hat in den Erzmassen eine Anreicherung des letzteren stattgefunden, eine geringe Konzentration hat auch der Mangan-gehalt, ferner das Vanadin und Chrom erfahren; am reichlichsten angehäuft ist indessen das Titan. In dem an sich an Magnesia reichen Magma ist der relative Magnesiagehalt in den erzreicheren Partien gewachsen, in den erzreichsten dagegen nur etwa so hoch als in dem erzarmen Muttergestein; Kalk und die Alkalien treten allgemein zurück, desgleichen die Kieselsäure. Der Gehalt an letzterer wird in den am stärksten differenzierten Gesteinszonen so gering, daß eine Ausscheidung von Magnesia und Tonerde nur noch teilweise als Silikat erfolgen konnte, während der Überschuß als Korund und Spinell (Pleonast und Hercynit) zur Verfestigung gelangte. Tatsächlich sind diese Mineralien nicht nur in den Titaneisenerzmassen weit verbreitet, sondern sie kommen manchmal sogar in so großen Massen vor, daß man von Smirgellagerstätten und Spinelliten sprechen kann.

Statt des Titaneisens ist übrigens auch titanhaltiger Magnetit weit verbreitet.

Solche an Labradorgesteine (Anorthosite der Amerikaner) gebundene Titan-eisenerzlagerstätten gibt es sehr viele, besonders in Skandinavien und Nordamerika: sie sind vielfach der Gegenstand theoretischer Betrachtungen gewesen, haben aber wegen ihres geringen Eisengehaltes niemals eine hervorragende technische Bedeutung erlangt. Da und dort sind sie als Hochofenzuschlag in Verwendung gekommen.

Am längsten bekannt sind die Titaneisenerzmassen in dem über 1400 qkm großen Eruptivgebiete von **Eckersund-Soggendal** im **südlichen Norwegen**.<sup>1)</sup> In dem Gebiete sind Labradorfelse, hypersthen- und biotitreiche Norite und Bronzit- und Hypersthengranite verbreitet. Die Labradorfelse sind ganz nahe verwandt den Noriten, letztere sind etwas jünger als erstere; in beiden Gesteinen finden sich die an Titaneisen reichen Differenzierungen teils als Ilmenit-Norite, teils als fast ganz reine Schnüre und Gänge von Titaneisenerz.

Die Ilmenit-Norite stellen ein körniges Gemenge von Titaneisen, viel Hypersthen und wenig Labrador dar und enthalten ein wenig grünen Spinell,

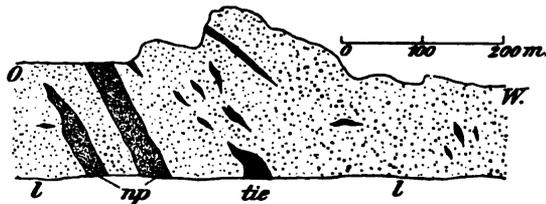


Fig. 2. Profil am Blaafjeld (Vogt 1887). l Labradorfels, np Noritpegmatit, tie Titaneisenerz.

Schwefelkies, Kupfer- und Magnetkies. Apatit ist nur in geringer Menge vorhanden.

Das hauptsächlichste Vorkommen ist der „Storgangen“ (Große Gang), 3 km lang, 30—70 m breit, mit einem durchschnittlichen Erzgehalt von 40 0/0, der aber stellenweise bis zu 70 oder 80 0/0 steigt. Im Blaafjeld bei Soggendal finden sich klumpenförmige Ausscheidungen von fast ganz reinem Titaneisen, 50 m lang und bis zu 11 m dick.

Die Anreicherung des Titaneisens in den erzreichen Abkömmlingen des Labradorfels zeigt folgende von Vogt herrührende Übersicht:

<sup>1)</sup> Reusch, Et besög i titanjerngruberne ved Sogndal; Geol. För. Förh., IV, 1878, 197—201; Ref. N. Jahrb., 1879, 609—610. — Vogt, Titanjern-forekomsterne i noritfeltet ved Eckersund-Soggendal; Norske erteforekomster, V, 1887, 1—40. — Derselbe, Om dannelsen af de vigtigste i Norge og Sverige representerede grupper af jernmalmforekomster. Mit Resumé in deutscher Sprache. Geol. För. Förh., XIII, 1891, 476—536; XIV, 1892, 211—248. Ref. N. Jahrb., 1893, II, — 68—70 —. — Derselbe, Bildung von Erzlagerstätten durch Differentiation in basischen Eruptivmagmata; Ztschr. f. prakt. Geol., 1893, 4—11, 125—143, 257—284. — Derselbe, Beiträge zur genetischen Classification der durch magmatische Differentiationsprozesse und der durch Pneumatolyse entstandenen Erzvorkommen; ebenda 1894, 381—399. — Derselbe, Weitere Untersuchungen über die Ausscheidungen von Titaneisenerzen in basischen Eruptivgesteinen; ebenda 1900, 233—242, 370—382; 1901, 9—19, 180—186, 289—296, 327—340. — Rosenbusch, Die Gesteinsarten von Eckersund; Nyt. Mag. f. Naturvid., XXVII, 1883. — Kolderup, Die Labradorfelse des westlichen Norwegens. I. Das Labradorfelsgebiet bei Eckersund und Soggendal; Bergens Museums Aarbog, 1896, No. 5, 1—224. Mit geolog. Karten; Ref. N. Jahrb., 1899, I, — 445—453 —.

	Titaneisen	Hypersthen Bronzit, Biotit	Labrador
Labradorfels . . . . .	2 ‰	4 ‰	94 ‰
Übergang zwischen Labradorfels und Ilmenit-Norit . . . . .	{ 6 ‰	{ 8 ‰	{ 86 ‰
Ilmenit-Norit . . . . .	{ 18 ‰	{ 16 ‰	{ 66 ‰
Ilmenit-Norit . . . . .	40 ‰	35 ‰	25 ‰
Titaneisenerzmassen . . . . .	{ 80—95 ‰	20—5	
	{ 99 ‰	1	

Kolderup, der die Titaneisenerzvorkommnisse an verschiedenen Stellen genau studiert hat, charakterisiert dieselben folgendermaßen: „Für diejenigen, die den ganzen Komplex von Titaneisenvorkommen gesehen haben, werden diese in bezug auf Bildungsweise und Auftreten in die folgenden zwei Gruppen geteilt werden können: 1. Wirkliche Gänge, durch Ausbrüche gebildet, die jedenfalls später als die große Haupteruption von Labradorfelsmagma eintraten; 2. schlieren-, linsen- oder z. T. gangförmige Massen, die durch eine in situ stattgefundene magmatische Konzentration von den basischeren Gemengteilen gebildet worden sind. Diese Massen sind am häufigsten durch Übergangsreihen mit dem Hauptgestein verbunden und sollen also im kleinen den Verhältnissen bei Taberg entsprechen.“ Die gangförmigen gestreiften Erze (1) enthalten scharfeckige Bruchstücke des umgebenden Nebengesteines und sind von letzterem durch scharfe Grenzen geschieden. Die chemische Zusammensetzung eines typischen Ilmenit-norits vom Storgangen ist nach Kolderup folgende:

SiO <sub>2</sub> = 31,59	MgO = 10,70
TiO <sub>2</sub> = 18,49	CaO = 2,25
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> = 8,54	Na <sub>2</sub> O = 1,03
FeO = 24,52	K <sub>2</sub> O = 0,15
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> = 2,36	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> = 0,02
	99,65

Die Zusammensetzung nach wesentlichen Mineralelementen:

Plagioklas 20,66, Hypersthen 40,90, Titaneisen 37,49 ‰.

Die Gruben von Soggendal sind schon von 1864—1876 ausgebeutet worden und haben im Jahre 1870 17500 t Erz geliefert; sie standen später wieder im Abbau von 1897—1901 und haben in dieser Zeit 5000 t Erz ergeben. Die Titaneisenerzlagerstätten von Ekersund-Soggendal sind zwar die bedeutendsten Norwegens, es gibt aber solcher Vorkommnisse noch viele auf der Halbinsel. Vogt<sup>1)</sup> nennt zehn Distrikte zwischen dem 58° 20' und dem 70° 30' nördl. Br., wo solche titanhaltige, an gabbroartige Gesteine gebundene Eisen-erze vorkommen.

Am Routivare in **Norbotten** (Schweden),<sup>2)</sup> 15 km nordwestlich von Quickjokk, tritt eine Masse von Titanomagnetit von 1,6 km Länge und 300 m größter Breite inmitten eines fast zur Unkenntlichkeit veränderten Gabbros (eines Plagioklas, Zoisit, Granat, Talk, Muskovit, Serpentin, Amphibol, Biotit

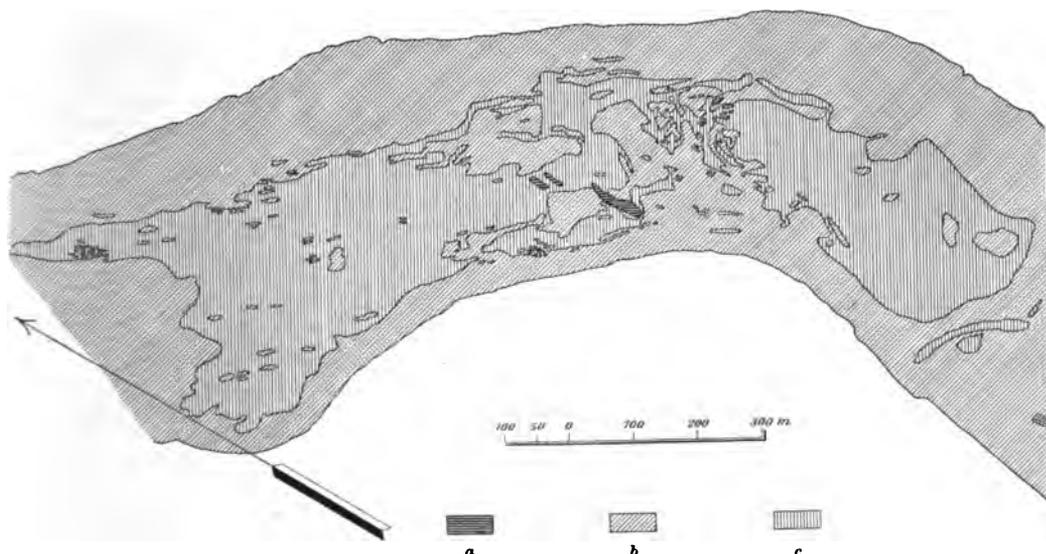
<sup>1)</sup> Ztsch. f. prakt. Geol., 1900, 371.

<sup>2)</sup> Petersson, Om Routivare järnmalmfält i Norbottenslän; Geol. För. Förh., XV, 1893, 45—54. — H. Sjögren, En ny järnmalmstyp representerad af Routivare malmberg; ebenda XV, 55—63. — Ders., Ytterligare om Routivare järnmalm; ebenda XV, 1893, 140—143. — Ref. über die drei Arbeiten N. Jahrb., 1894, I, 88—89.

und Rutil führenden Gesteines) auf (Fig. 3). Haupterz ist Titanomagnetit, daneben Ilmenit; beigemischt sind ihnen Spinell, Olivin, Pyroxen, Magnetkies und Apatit. Das Gemenge hat die Zusammensetzung:

SiO <sub>2</sub> = 4,08	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> = 0,20	MnO = 0,45	K <sub>2</sub> O = 0,15
TiO <sub>2</sub> = 14,25	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> = 33,43	MgO = 3,89	Na <sub>2</sub> O = 0,29
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> = 6,40	FeO = 34,58	CaO = 0,65	H <sub>2</sub> O = 1,32
			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> = 0,016.

In Ontario<sup>1)</sup> findet sich an verschiedenen Orten des Gneisgebietes titanhaltiges Magneisenerz in Verbindung mit gabbroähnlichen Gesteinen oder solchen, welche auf eine Umwandlung solcher deutbar sind. Die Erzmassen enthalten manchmal makroskopisch erkennbaren Apatit und gehen unter Zurück-



a b Umgewandelter Gabbro (?), b hornblendereich. c Eisenerz.

Fig. 3. Das Eisenerzfeld von Routivare. (Petersson 1893.)

treten des Erzes allmählich in das Nebengestein über. Dieses letztere ist deshalb in ihrer Nähe reicher an den dunklen Gemengteilen. Merkwürdig verhält sich indessen eine Magnetitlagerstätte zu Horton im Renfrew county: der Gabbro verändert seine Zusammensetzung in der Nähe des Erzes nicht und andererseits bildet dieses letztere einheitliche, gegen das Nebengestein scharf abgegrenzte Massen.

Das Titanmagneisen von Ontario enthält nach Analysen Popes 6,41 bis 17,23% TiO<sub>2</sub> und ungefähr 0,5% Vanadinsäure; die Untersuchungen wurden am Erz, nicht am reinen Material vorgenommen und die untersuchten Proben enthielten ziemlich viel Gangart.

Über das Vorkommen titanhaltiger Eisenerze in den Vereinigten Staaten, besonders aber über die auch hier an Gabbrogesteine gebundenen, den norwegischen analogen Lagerstätten in den **Adirondacks** (Westport, Elizabethtown, Newcomb

<sup>1)</sup> Pope, Investigation of magnetic iron-ores from Eastern Ontario; Transact. Am. Inst. Min. Eng. XXIX, 1899, 372--405.

im Staate New York) hat Kemp<sup>1)</sup> sehr ausführlich berichtet. Die größten Erzausscheidungen finden sich dort in Gesteinen, die hauptsächlich aus Labrador bestehen („Anorthosite“), daneben auch etwas Augit, Hypersthen und Granat führen. Die Erze haben scheinbar bis jetzt noch keine technische Verwertung erlangt. Am Strand des Lake Champlain bildet Sand von titanhaltigem Eisenerz, gemengt mit Körnern von Granat, Pyroxen und Hornblende, bis zu mehrere Zoll dicke Lagen.

Eisenerzausscheidungen von geringem, bis etwa 4% betragendem Titan-gehalt kommen nach G. H. Williams<sup>2)</sup> auch am Hudson River bei Peekskill (in New York) vor. Das Erz ist gebunden an Norit, der zu Gabbros in Beziehungen steht; es besteht aus Spinell, Magnetit, Korund, Granat und Sillimanit. Der Korund findet sich manchmal in solcher Menge, daß er die übrigen Bestandteile zurückdrängt, und daß das Erz nicht nur wegen seines Eisengehaltes, sondern auch als Smirgel gewonnen worden ist.

Einige Ähnlichkeit mit diesen Smirgellagerstätten besitzen diejenigen, welche in Nord-Carolina<sup>3)</sup> in den Vereinigten Staaten abgebaut werden. Dort ist der Korund stets gebunden an chromitführende, mehr oder weniger stark serpentinierte Peridotite, welche Gneise durchbrechen, und tritt vorzugsweise im Kontakt des Muttergesteines mit letzterem auf. Er ist durchwachsen von Spinell, Enstatit und Chlorit.

Als „Jacupirangit“<sup>4)</sup> ist ein Pyroxenmagnetitgestein in Brasilien (Eisenmine von Jacupiranga im Staate São Paulo) bezeichnet worden; es gehört in die Verwandtschaft der dortigen Elaeolithsyenite. Dasselbe ist merkwürdig, weil es neben Apatit, Titaneisen und Perowskit auch ein Tantaloniobat, den Brazilit, enthält.

Titaneisen ist auch sonst in Nephelinsyeniten verbreitet; so enthält das bekannte Gestein von Miask im Ural in großer Menge klumpenförmige Ausscheidungen desselben; titanhaltiger Magnetit bildet mit titanhaltigem Augit, Glimmer, Aegirin, Apatit, Magnetkies und mit Olivin Aggregate im Nephelinsyenit von Alnö in Norland (Schweden).<sup>5)</sup>

Die zuletzt genannten und andere Vorkommnisse haben teils wegen ihres geringen Umfanges, teils wegen ihres geringen Eisengehaltes meistens keine technische Bedeutung erlangt. Sie wurden wegen ihres wissenschaftlichen Interesses erwähnt.

Die großartigen Magnetitlagerstätten der Wyssokaja und des Goroblagodat im Ural, welche seit G. Rose fast allgemein als eruptive Lagerstätten bezeichnet werden, scheinen trotzdem ihren Platz unter den epigenetischen Kontaktlagerstätten erhalten zu müssen.<sup>6)</sup>

<sup>1)</sup> Kemp, Titaniferous iron ores of the Adirondacks; XIX. Annual Rep. U. S. Geol. Survey, 1897—98, III, 383—422, Lit.

<sup>2)</sup> G. H. Williams, Pleonast (Hercynit) und Korund im Norit der Cortlandt-Series am Hudson-Fluß; N. Jahrb., 1887, II, 266. — On the norites of the Cortlandt-Series; Am. Journ. of Science, XXXIII, 1887, 135—144, 191—200; Ref. N. Jahrb. 1887, II, 316—317. — Kemp, Ore deposits, III. Aufl., 173, Lit.

<sup>3)</sup> Pratt, On the origin of corundum associated with the peridotites of North Carolina; Am. Journ. of Science (4), VI, 1898, 49.

<sup>4)</sup> Derby, On nepheline rocks in Brazil; Quart. Journ. Geol. Soc., XLVII, 1891, 251; Ref. N. Jahrb., 1892, I, 522. — Hussak, Über Brazilit; N. Jahrb., 1892, II, 141—146. — Ders., Über ein neues Perowskitvorkommen in Verbindung mit Magnet-eisenstein von Catalão; ebenda 1894, II, 297—300.

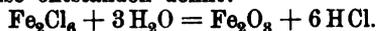
<sup>5)</sup> Rosenbusch, Massige Gesteine, 3. Aufl., 1896, 171—172, Lit.

<sup>6)</sup> Von Stelzner waren diese Eisenerzlagerstätten, entsprechend der Auffassung G. Roses, als eruptiv beschrieben worden.

Keineswegs erwiesen ist ferner die Entstehung gewisser nordschwedischer Eisenerzlagerstätten durch magmatische Differentiation der sie begleitenden Gesteine. Es schien deshalb gut, dieselben samt allen übrigen, ihrem Wesen nach so verschiedenen, ihrer Entstehung nach mindestens teilweise ganz rätselhaften Eisenerzlagerstätten Schwedens zusammen zu behandeln. Sie haben ihre Beschreibung im Rahmen der schichtigen Eisenerzlagerstätten erfahren.

\* Anreicherungen von Eisenglanz in Effusivgesteinen infolge Verdrängung basischer Gemengteile durch Eisenoxyd während der Erstarrung.

Anhangsweise muß eine eigenartige Erzbildung erwähnt werden, für die zwar bisher aus der Reihe der Eisenerzlagerstätten keine Beispiele beigebracht werden können, die sich aber in kleinem Maßstabe an manchen Basaltströmen beobachten läßt, besonders dann, wenn deren Poren und Oberfläche von Eisenglanz und Magnisioferrit bedeckt sind. Letztere Mineralien selbst sind das Ergebnis eines pneumatolytischen Vorganges, wobei man sich den Eisenglanz z. B. auf folgende Weise entstanden denkt:



Solche Laven zeigen gern eine von Eisenoxyd herrührende schmutzige Farbe. Das Mikroskop läßt erkennen, daß der Olivin, manchmal auch der Augit in Eisenglanz umgewandelt sind, während der Plagioklas vollkommen frisch ist und Eisenglanzschüppchen, mitunter in sehr großer Menge, umschließt.<sup>1)</sup>

Die Zeit der Ausscheidung des Eisenglanzes fällt demnach zwischen diejenige der Magnesiumsilikate und des Plagioklases, welche letztere später erfolgt, als die des Olivins und Augits. Man wird annehmen müssen, daß auch in der flüssigen Lava bei abnehmender Temperatur in einer gewissen Phase der Erstarrung ähnliche Umsetzungen zwischen gelösten Gasen erfolgen, wie sie außerhalb derselben zur Entstehung von allerlei Oxyden, zumal von Eisenoxyd, führen.

Man könnte den Vorgang als eine „Selbstvererzung“ des Eruptivgesteines bezeichnen; innerhalb des letzteren erfolgt eine Metasomatose während der Erstarrung, nicht nach derselben. In letzterem Falle müßten die Erze als epigenetische Gebilde angesehen werden, was sie nicht sind.

Zweifellos werden sich bei sorgfältigerem Studium gewisser, an Eruptivgesteine gebundener Eisenerzlagerstätten Beispiele für den skizzierten Vorgang auffinden lassen. \*

### 3. Ausscheidungen von Chromeisenstein in Peridotiten und den daraus hervorgegangenen Serpentin.

Der Chromit (theor. Zusammensetzung  $\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$ , allgemein  $(\text{Fe}, \text{Cr}, \text{Mg}) (\text{Cr}_2, \text{Al}_2, \text{Fe}_2) \text{O}_4$ , mit bis zu 32% FeO und 68%  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) ist das einzige für die Technik in Betracht kommende Chromerz. Das Chrom besitzt eine mannigfache Verwendung in der chemischen Technologie (zur Darstellung von Chromsäure, chromsauren Salzen und Chromfarben) und neuerdings auch für die Herstellung des Chromstahles. Gediogenes Chrom läßt sich seit einigen Jahren (nach dem Verfahren von Goldschmidt, 1895) bequem und in größeren Mengen darstellen.

<sup>1)</sup> Bergeat, Mineralogische Mitteilungen über den Stromboli; N. Jahrb., 1897, II, 114—123. — Derselbe, Centralblatt f. Mineral. etc., 1903, 129 (Über die Laven des Izalco).

Die protogenen Chromitvorkommnisse sind, wie seit langer Zeit bekannt, gebunden an Peridotite (und Pyroxenite?) und die daraus hervorgegangenen Serpentine. Solche Lagerstätten sind in chemischer wie in mineralogischer Beziehung außerordentlich einförmig.

In den Olivinen der Eruptivgesteine ist Chromit und ein anderer chromhaltiger Spinell, Picotit, ein weitverbreiteter mikroskopischer Einschuß. Der Dunit enthält Chromspinelle neben Olivin als wesentlichen Bestandteil. Weitere innige Beziehungen zwischen Chromit und Olivin zeigt der Lherzolith, welcher außer diesen beiden Mineralien auch rhombische Pyroxene führt und häufig in Serpentin umgewandelt ist. Bei solcher Serpentinisierung chromhaltiger Olivingesteine entstehen mitunter (z. B. auf den Serpentinlagerstätten des Ural) chromhaltige Glimmer, wie der smaragdgrüne Fuchsit, der pfirsichblütrote Kämmererit und der Rhodochrom, der karmesinrote Kotschubeyit und der Leuchtenbergit, der Chromgranat (Uwarowit) und ferner Chromocker.

Bei der Umwandlung der eisenhaltigen Olivine zu Serpentin finden, wie sich zweifellos unter dem Mikroskop zeigt, Neubildungen von Magnetit statt. Da der Olivin zuweilen auch chromhaltig ist, da ferner gerade die in den Peridotiten enthaltenen Pyroxene häufig durch einen Chromgehalt ausgezeichnet sind, so wird man annehmen dürfen, daß bei der völligen Umwandlung solcher Gesteine auch der Chromit als sekundäres Produkt entstehen kann. Andererseits aber weisen die Untersuchungen mancher derben Chromitvorkommnisse in unverwitterten Olivingesteinen mit Sicherheit darauf hin, daß auch sie primäre Ausscheidungen, Zusammenballungen im Schmelzflusse sind.

Das Auftreten der Peridotite und der nahe verwandten Gesteine ist ein verschiedenes. Manche Vorkommnisse, wie die jungen Lherzolithe der Pyrenäen, welche von merkwürdigen Kontakthöfen umgeben sind, haben ganz sicher eruptiven Ursprung. Die meisten aber bilden linsenförmige Körper im kristallinen Gebirge, für welche eine eruptive Herkunft nicht immer sicher nachgewiesen werden kann; gleichwohl wird man auch für sie eine Erstarrung aus dem Glutfluß annehmen müssen, da sie und ihre Verwandten nach ihren petrographischen Eigenschaften von jenen nicht trennbar sind. Chromeisenstein kommt denn auch sowohl in den zweifellos eruptiven Olivingesteinen und Serpentin, wie auch in den analogen Gesteinen der kristallinen Schieferformation vor, und sein Auftreten in beiden müßte schon als Beweis für eine gleichartige Entstehung beider gelten.

In praktischer Hinsicht ist zu bemerken, daß der Chromit absätzig Massen von meist geringen Dimensionen bildet, welche weit ausschauende Betriebspläne nicht gestatten. Die technische Verwertbarkeit der Chromeisensteine setzt den ziemlich hohen Chromoxydgehalt von ungefähr 50 % voraus.

Im **Zobtengebirge**<sup>1)</sup> (Niederschlesien) ist Chromit mehrfach in Serpentin bekannt geworden, welche dort in Begleitung von Gabbros auftreten, so am Harte-

<sup>1)</sup> Bock, Über Grochaut und Magnochromit. Inaug.-Diss. Breslau 1868. — Websky, Über Grochaut und Magnochromit; Ztschr. d. deutsch. geol. Ges., XXV. 1873, 394—398. — Kosmann, Ztschr. d. deutsch. geol. Ges., XLII, 1890, 794—795. —

berg bei Grochau und am Schwarzenberg bei Tampadel. An letzterem Fundort beobachtet man eine 7 m mächtige Chromeisensteinklippe, die durch Tagebau auf eine Länge von 22 m verfolgt worden ist. Das Erz ist mit Magneteisen gemengt und enthält 35—42% Chromoxyd und einen hohen Magnesiagehalt (ca. 12%).

Ein mehrfach beschriebenes Chromitvorkommen<sup>1)</sup> ist dasjenige von Kraubat in Steiermark, am rechten und linken Murufer; es ist gebunden an eine Zone von Peridotiten, die in Hornblendegneise eingelagert sind und zumeist zu den Duniten gehören; zum geringeren Teil können sie als chromitführende Harzburgite bezeichnet werden. An den meisten Stellen ist das Gestein nur wenig serpentinisiert. Der aus den genannten Olivingesteinen bestehende Gesteinszug hat eine Länge von 3 Meilen, ist indessen nicht überall in gleicher Weise chromitführend; vielmehr bemerkt Ryba, daß das Erz gerade dort am meisten auftritt, wo die Serpentinisierung weniger weit fortgeschritten ist, nämlich am rechten Murufer. Die Chromerze erscheinen in „Schnuren, deren Streichen und Fallen sehr abweichend ist. . . . Wenn sie im Streichen oder Verfläichen aufhören, was bei ihrer hohen Absätzigkeit meist schon nach wenigen Klaftern der Fall ist, so ist auch nicht die geringste Andeutung einer Lagerstätte mehr vorhanden“ (v. Hauenfels). Im Jahre 1864 hatte man ein Erzmittel von etwa 40 m seigerer Höhe, 50—60 m Länge und 24—30 m größter söhliger Mächtigkeit. Meistens aber betrug die letztere nur 1 $\frac{1}{3}$  Zoll bis 2 Fuß. Nach einer von Vamberra ausgeführten, von Ryba mitgeteilten Analyse ist die Zusammensetzung des Erzes:

SiO <sub>2</sub> = 4,3	FeO = 9,1
MgO = 9,7	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> = 13,7
CaO = 6,4 <sup>2)</sup>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> = 56,2.

Nach Kahl sollen besonders neben bronzitreichen Serpentinvarietäten die reichsten Chromitmassen gefunden worden sein. Übrigens verdient hier auch der Magnesit erwähnt zu werden, der gerade in Obersteiermark in gewinnungswürdiger Menge als sekundäres Produkt an die Serpentine gebunden ist.

Der Kraubater Chromeisensteinbergbau begann etwa um das Jahr 1810 und war stellenweise in jüngster Zeit noch im Betriebe.

Ders., Kämmererit oder Rhodochrom von Tampadel; ebenda XLIV, 1892, 359—362. — Ders., Neues Chromeisenerzlager in Niederschlesien; Stahl und Eisen, X, 1890, 1085—1086. — Ders., Neue Chromerzfund in Schlesien; Berg- u. Hüttenm. Ztg., L, 1891, 19. — Ders., Der Kämmererit (Rhodochrom) von Tampadel bei Schweidnitz in Schlesien; ebenda LI, 1892, 453—455. — Traube, Beiträge zur Mineralogie Schlesiens. I. Gesteine und Minerale von der Chromitlagerstätte Tampadel im Zobtengebirge; Ztschr. d. deutsch. geol. Ges., XLVI, 1894, 50—57.

<sup>1)</sup> Miller von Hauenfels, Die nutzbaren Mineralien von Obersteiermark; Leobener Jahrb., XIII, 1864, 214—217. — Kahl, Der Chrombergbau bei Kraubat in Obersteiermark; ebenda XVIII, 1869, 266—281. — H. Höfer, Analysen mehrerer Magnesiagesteine der Obersteiermark; Jahrb. k. k. Reichs-Anst., XVI, 1866, 443—446. — Ryba, Beitrag zur Genesis der Chromeisenerzlagerstätte bei Kraubat in Obersteiermark; Ztschr. f. prakt. Geologie, 1900, 337—341, Lit.

<sup>2)</sup> Bei Ryba steht: CoO, was, wie der Autor dem Herausgeber bestätigt, ein Druckfehler ist.

Chromeisenstein kommt nach B. Walter<sup>1)</sup> in der **Bukowina** bei Briaza vor. Bis zu faustgroße, in einem Falle bis zu 2500 kg schwere Massen sind dort aus dem kretaceischen (?) Serpentin ausgewittert; in stark verwitterten Zonen des anstehenden Gesteines hat man unbedeutende Klumpen des Erzes erschürft, aber weitere Versuche als erfolglos aufgegeben.

Österreich besitzt augenblicklich keinen nennenswerten Chromitbergbau.

In **Bosnien** sind Serpentine in Verbindung mit Lherzolith, Peridotit und Gabbro, nach Katzer<sup>2)</sup> wahrscheinlich kretaceischen Alters, weitverbreitet.

Manchmal sind dieselben ganz und gar in Magnesit umgewandelt, der als „bosnischer Meerscham“ zu Pfeifenköpfen verarbeitet wird.

Die Chromitlagerstätten finden sich in dem 132 km langen, südlich von Kladanj bis nach Banjaluka reichenden, serpentinführenden Gebirgszug, und zwar vorzugsweise im Dubostical, nördlich von Vareš.<sup>3)</sup> Das Erz bildet bald mehrere Dezimeter mächtige und bis zu 8—20 m lange, bankförmige, mehr oder

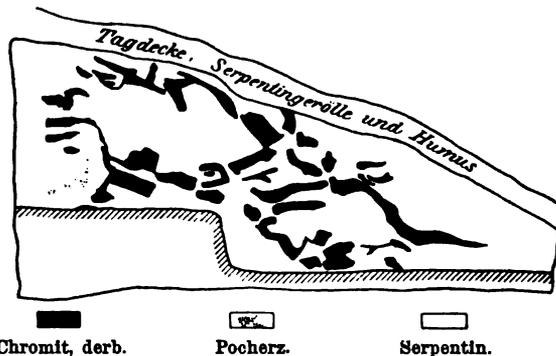


Fig. 4. Unregelmäßige Gestalt und Verteilung der Chromitausscheidungen im Serpentin von Alt-Rakovac. Das Profil ist ca. 6 m hoch. (Walter-Schönbucher, 1887.)

weniger reine Massen oder unregelmäßig gestaltete, durch den Serpentin verteilte Mittel (Fig. 4). Die bankförmigen Anreicherungen liegen mitunter mehrfach übereinander. Apfelgrüner Chromocker kommt auf den Dubostica-gruben vor.

Die Hauptgrube war 1887 die von Mekidol.

Nach Mitteilungen von Hofmann<sup>4)</sup> führt eine etwa 200 m breite, gegen 2 Meilen weit zu verfolgende Serpentinmasse bei **Plavischewitza**, östlich

<sup>1)</sup> Die Erzlagerstätten der südlichen Bukowina; Jahrb. k. k. Reichs-Anst., XXVI, 1876, 406.

<sup>2)</sup> Geologischer Führer durch Bosnien und die Hercegovina. Sarajevo 1903.

<sup>3)</sup> B. Walter, Beitrag zur Kenntnis der Erzlagerstätten Bosniens, 1887, 215—222.

<sup>4)</sup> Alfr. Hofmann, Über das Chromerzorkommen in Ungarn und dessen Aufschließen. Inaug.-Diss. Rostock 1873; Ref. N. Jahrb., 1873, 873. — Patera, Über den Chromeisenstein-Bergbau von Plavischewitza; Österr. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenw., 1872, 342—343. — vom Rath, Sitzungsab. d. niederrh. Gesellsch., 1879, 63—64.

von Orsova an der Donau, an zahlreichen Punkten Chromeisenstein. Das Erz enthält 38—47 % Chromoxyd. v. Hauer<sup>1)</sup> hat die Lagerstätten „als eines der reichsten Vorkommen dieses Erzes“ bezeichnet, die man überhaupt kenne. Nach Fuchs und de Launay<sup>2)</sup> sollen die in der Teufe absätzigen Massen 300 bis 400 m lang sein. Der Bergbau datiert seit 1858.

Recht häufig ist Chromit in den Serpentin Serbiens. Die hauptsächlichsten Vorkommnisse liegen dort bei Rajatz, 19 km südlich von Čačak.<sup>3)</sup>

In Italien, wo Serpentine eine so außerordentlich große Verbreitung besitzen, fehlen scheinbar Chromeisensteinlager.

Im europäischen Orient kommen solche zu Keropotamo auf Euböa, auf den Inseln Skyros und Tinos,<sup>4)</sup> ferner auf der türkischen Insel Mytilene,<sup>5)</sup> stets gebunden an Peridotite oder Serpentine, vor. Am wichtigsten sollen jetzt die Lagerstätten in der Gegend von Velestino,<sup>6)</sup> nahe dem Meerbusen von Volo in Thessalien sein. Die gesamte Produktion Griechenlands an Chromeisenstein belief sich im Jahre 1900 auf 5600, im Jahre 1902 auf 11700 t. Auch bei Saloniki und in der Provinz Kossowo sind Chromerzlagerstätten bekannt.

Über die norwegischen Chromitvorkommnisse liegen die ausführlichen Schilderungen Vogts<sup>7)</sup> vor. Auf der gerade unter dem Polarkreise liegenden Insel Hestmandö tritt das Erz in einem fast völlig frischen, in der Hauptsache aus Olivin und Enstatit in sehr wechselndem Verhältnis bestehenden Gestein (enstatitführender Dunit und Harzburgit) als eine primäre Ausscheidung, manchmal von absoluter Reinheit, auf. Es sind Schlieren und Klumpen in der Anordnung von Gangzügen, manche 1—2 m mächtig und 20 m lang, aber niemals von großer streichender Ausdehnung. In dem Rörös-Distrikt herrschen nach Vogt ganz ähnliche Verhältnisse, nur ist dort das Peridotgestein stark serpentiniert und infolgedessen der Chromit durch Magneteisenerz verunreinigt. Auf den beiden ergiebigsten Chromitgruben Norwegens, denen von Feragen und Rödhammer bei Rörös, welche auf Serpentinfeldern von 12—15 resp. 4—5 qkm Größe bauen, hat man von 1830—75 ungefähr 15000 t Erz gewonnen. Im ganzen gibt es in Norwegen 50—100 solcher Peridotit- bzw. Serpentin-

1) Geologie, 220.

2) Gîtes minéraux, II, 38—39; nach „Beschreibung des Chrombergbaues der Gewerkschaft Hofmann im Stuhlbezirke von Alt-Orsova“, 1873.

3) Götting, Über ein altes Bergwerks-Emporium in Serbien; Berg- und Hüttenm. Ztg., LX, 1901, 237—238.

4) Philippson, Beiträge zur Kenntnis der griechischen Inselwelt; Peterm. Mitt., Erg.-Heft No. 134, 1901, 22, 117. — Ann. d. Mines (7), II, 1872, 425; ebenda (7), XIII, 1878, 589.

5) Fuchs et de Launay, l. c. II, 37.

6) Mineral Industry, 1902, 97. — Zenghelis, Les minerais et minéraux utiles de la Grèce, 1903.

7) Beiträge zur genetischen Klassifikation der durch magmatische Differentiationsprozesse und der durch Pneumatolyse entstandenen Erzvorkommen; Ztschr. f. prakt. Geol., 1894, bes. 384—393.

kuppen, welche fast ohne Ausnahme auch Chromitkonzentrationen, allerdings meist von sehr geringen Dimensionen, enthalten. Die jetzige Chromitproduktion Norwegens (zu Feragen) ist nur geringfügig.

Zahlreiche Chromitlagerstätten gibt es im Ural um Jekaterinburg, Kyschtymsk, am Katschkanar usw.; allein das Gouvernement Perm zählte im Jahre 1893 25 Gruben,<sup>1)</sup> die im Jahre 1893 14600 t produzierten, während im Jahre 1894 nur 6530 t gefördert wurden. In kleiner Menge findet sich das Chromeisenerz in vielen Serpentin, und seit Anfang der sechziger Jahre des XIX. Jahrhunderts sind solche Vorkommnisse vielfach erschürft, wenn auch nicht abgebaut worden. „Als Zeugen jener Zeit, da die Konkurrenz einem einzelnen allein den Vorteil der plötzlich aufgetauchten Erwerbsquelle nicht gönnen wollte, sind auf der ganzen Erstreckung des Ural, von Nord nach Süd, auf dem westlichen wie auf dem östlichen Abhänge des Gebirges unzählige verlassene Chromeisensteingruben geblieben, an deren Rande noch häufig das aufbereitete, in Ziegelform geschlagene Erz mauerartig hoch aufgeschichtet zu sehen, auf deren Halden manches chromhaltige Mineral zu finden ist.“ (Arzruni.)

In der Gegend von Jekaterinburg bilden Serpentine Einlagerungen zwischen ungefähr Nord-Süd streichende Chlorit- und Talkschiefer, welche letzterer den Serpentin gewöhnlich unmittelbar umgibt. Nach Arzruni sollen die uralischen Serpentine nicht aus Peridotiten, sondern lediglich aus Pyroxen-, besonders aus diallagführenden Gesteinen hervorgegangen sein, wie sich aus Übergängen nachweisen lasse.

Die den Serpentin begleitenden Talk- und Chloritschiefer enthalten häufig Magneteisenmassen, und auch im Serpentin „und zwar manchmal in demselben Stock dieses letzteren, wenige Meter von den Chromeisenlagern entfernt“ werden Magneteisennester angetroffen. Cossa und Arzruni meinen deshalb, daß die Chromitlager durch eine Zufuhr von Chrom zu Magneteisen entstanden seien, wobei letzteres umgewandelt wurde. Das Chrom entstamme den chromhaltigen Silikaten des Muttergesteines, deren Zersetzung auch zur Neubildung der interessanten Chromminerale (siehe S. 34) geführt hat. Diese Auffassung steht im geraden Gegensatz zu derjenigen Vogts (und nach ihm Rybas), wonach alle Chromitvorkommnisse Ausscheidungen aus dem Magma sein sollen, was sich in solcher Verallgemeinerung zunächst auch kaum wird beweisen lassen.

Der im Ural gewonnene Chromit wird teilweise in den zahlreichen dortigen Hochöfen verbraucht.

Die hauptsächlichsten Chromeisenlagerstätten der Erde sind in **Kleinasien**; sie decken beinahe allein den Weltbedarf.<sup>2)</sup> Dieselben

<sup>1)</sup> Ztschr. f. prakt. Geol., 1897, 279. — Arzruni, Sur quelques minéraux des gîtes de chromite du district de Syssertsk, Oural; Bull. Soc. min. de France, V, 1882, 94. — Cossa und Arzruni, Chromturmalin aus den Chromeisenlagern des Urals; Ztschr. f. Krystallogr., VII, 1883, 1—16. — G. Rose, Reise nach dem Ural, II, 1842, 476—477.

<sup>2)</sup> W. F. Wilkinson, Iron and Coal Trades Review, 1895, 804. Danach Stahl und Eisen, XV, 1895, II, 689. — Weiß, Kurze Mitteilungen über Lagerstätten im westlichen Anatolien; Ztschr. f. prakt. Geol., 1901, 249—262. — Glenn, The chrome ores of Turkey; XIX. Ann. Rep. U. S. Geol. Survey, Part VI, 1897—1898,

liegen bei Antiochia, bei Mersina, Alexandrette, Makri und in der Gegend von Smyrna, bei Brussa im Hinterland des Marmarameeres, in den Vilajets Angora und Kastamuni. Weiß hat die Vorkommnisse von Tschatalja-Dagh und Tschardy im nördlichen Kleinasien (südwestlich und südlich von Brussa) beschrieben. Die tertiären Serpentinmassen von mitunter stundenlanger Erstreckung enthalten schlauch- oder linsenförmige, oft ganz unregelmäßige Chromeisensteinlager, deren Längserstreckung in benachbarten Stöcken annähernd parallel verläuft. Die Vorkommnisse des Tschatalja-Dagh sind einstweilen nicht bauwürdig, dagegen haben die von Tschardy z. T. kolossale Ausdehnungen. Eine langgestreckte, recht reine Chromitmasse von 50—56 % Chromoxyd hatte 70 m Länge, 25 m Dicke und 20 m Höhe. Die reichste dortige Grube ist die von Daghardy, sie allein liefert im Tagebau jährlich 10—12000 t Erz im Werte von etwa 1 Mill. Mark; die Gesamtproduktion der Chromitgruben in der südlichen Umgebung von Brussa wurde 1901 auf 16000 t veranschlagt. Zu Makri soll die Produktion zeitweise sogar 30000 t betragen haben.

Chromeisenstein ist nach Schneider<sup>1)</sup> auf den ostindischen Inseln Batjang, Ambon und Timor „so massenhaft vorhanden, daß er, wie in Neu-Seeland, den Grubenbau lohnen würde“. Er ist auch hier an Serpentin gebunden.

Der Dun Mountain,<sup>2)</sup> 10 km südöstlich von der Stadt Nelson auf **Neuseeland**, gehört einem etwa 130 km langen, 1,5—3 km breiten Serpentinzug an und besteht selbst aus Dunit, d. h. aus einem körnigen Gemenge von Olivin und Chromit. Dagegen umschließt der Serpentin des unmittelbar benachbarten Wooded Peak große Massen von derbem Chromeisenstein.

Die Serpentine von **Neukaledonien**<sup>3)</sup> haben eine große Bedeutung als Muttergesteine verschiedener Lagerstätten, so von Nickel-, Kobalt-, Eisen- und Chromeisenerz. Dieses letztere bildet bald gangähnliche Ausscheidungen im Serpentin, bald ist es aus ihm ausgewittert und findet sich dann inmitten der Tone, welche die Vertiefungen auf der Oberfläche desselben erfüllen, in Geröllen. Das Erz wird gewonnen im Tiëbaghi-Massiv; die seit 1884 datierende Produktion beträgt jährlich 2—3000 t.

Die Vereinigten Staaten besitzen scheinbar keine großartigere Lagerstätten von Chromit, wenn auch verschiedene Vorkommnisse dieses Erzes daselbst bekannt sind. So führen die Serpentine von Maryland und im südlichen Pennsylvanien Chromit,<sup>4)</sup> der auch im ausgewitterten Zustand vielfach zu finden ist. Beiderlei Vorkommnisse wurden früher ausgenutzt; die Lagerstätte

261—264. — Thomae, Emery, chrome-ore and other minerals in the Villayet of Aidin, Asia Minor; *Transact. Am. Inst. Min. Eng.*, XXVIII, 1899, 208—225.

<sup>1)</sup> Geologische Übersicht über den holländisch-ostindischen Archipel; *Jahrb. k. k. Reichs-Anst.*, XXVI, 1876, 113—134.

<sup>2)</sup> v. Hochstetter, Dunit, körniger Olivinfels von Dun Mountain bei Nelson, Neuseeland; *Ztschr. d. deutsch. geol. Ges.*, XVI, 1864, 341—344.

<sup>3)</sup> Fuchs et de Launay, Gîtes minéraux, II, 38. — A. Bernard, L'Archipel de la Nouvelle Calédonie, 1895; *Ref. Ztschr. f. prakt. Geologie*, 1897, 257—260.

<sup>4)</sup> H. Credner, Die Geognosie und der Mineralreichtum des Alleghany-Systems; *Peterm. Mitt.*, XVII, 1871, 41—50. — Kemp, Ore deposits, 1900, 412—416.

von Wood Pit in Pennsylvanien war so ergiebig, daß der Bergbau sogar eine Teufe von 700 Fuß erreicht hat.

In Nordkarolina<sup>1)</sup> kommt Chromeisenstein an vielen zerstreuten Punkten vor, ist aber nirgends in größerem Umfang abgebaut worden. Es sind immer wenig mächtige Massen von mehreren Tonnen Gewicht und stets gebunden an Dunit; sie finden sich besonders am Rande der Dunitintrusionen gegen den Gneis hin, manchmal zusammen mit Korund (s. S. 32).

In Kalifornien<sup>2)</sup> wird das Erz als Gerölle und auf anstehender Lagerstätte in verschiedenen Gegenden gewonnen. Kalifornien war zuletzt der einzige Staat der Union, welcher ein wenig Chromit lieferte; die Höchstproduktion betrug 1894 3700 t.

An der Ostküste von Neufundland<sup>3)</sup> werden verschiedene Chromitlagerstätten abgebaut.

Neuerdings werden auch in Kanada<sup>4)</sup> zu Coleraine, Prov. Quebec, Chromerze in zunehmender Menge gewonnen.

## II. Eruptive Lagerstätten sulfidischer Erze.

So sehr das zunächst dem Verhalten sulfidischer Erze bei hohen Temperaturen widersprechen mag, so sind doch Körnchen und Einsprengungen von Sulfiden in Eruptivgesteinen, und zwar sowohl in Effusiv- wie Tiefengesteinen, zweifellos als primäre Ausscheidungen bekannt. Die Möglichkeit ihrer Entstehung mußte schon aus dem oft sehr beträchtlichen Gehalt an solchen in künstlichen Hochofen-Schlacken,<sup>5)</sup> die manchmal ganz erfüllt sind mit Magnetkies usw., oder im Kupferstein hervorgehen.

\* Überblickt man die Vorkommnisse, so ergibt sich die auch bezüglich der oxydreichen Differentiationen gemachte Erfahrung, daß derlei Erzausscheidungen selten in sauren, häufiger in basischen Eruptivgesteinen auftreten, und daß es gerade wieder die gabbroiden Magmen sind, welche stellenweise größere Massen von sulfidischen Ausscheidungen geliefert haben. Umgekehrt sind die im allgemeinen durch pneumatolytische Äußerungen mehr ausgezeichneten sauren und mittelsauren Tiefengesteine mitunter von sogen. Kontaktlagerstätten begleitet, d. h. von epigenetischen, häufig unter Verdrängung löslichen Nebengesteines (fast stets Kalkstein) entstandenen Erzansiedelungen im Kontakt der Intrusion und des Nebengesteines. Dieses entgegengesetzte Verhalten sei hier zunächst betont, ohne daß es schon möglich wäre, die Gründe dafür anzugeben, weshalb die

<sup>1)</sup> Pratt, The occurrence, origin and chemical composition of chromite; with especial reference to the North Carolina deposits; Transact. Am. Inst. Min. Eng., XXIX, 1899, 17—39.

<sup>2)</sup> Report of the State Mineralogist of California; verschiedene Jahrgänge. — Helmhacker, Chromit in den Vereinigten Staaten Nordamerikas; Berg- u. Hüttenm. Ztg., LVI, 1897, 31—32.

<sup>3)</sup> Maynard, The chromite-deposits on Port au Port Bay, Newfoundland; Transact. Am. Inst. Min. Eng., XXVII, 1898, 283—288.

<sup>4)</sup> Mineral Industry, 1902, 97.

<sup>5)</sup> Siehe u. a. Vogt, Studier over Slagger, 189—215.

an Magnesia, Kalk und Eisen reichen, an Alkalien, besonders Kali, armen basischen Magmen die Metalle samt Schwefel im Schmelzfluß zurückhalten, während die sauren, an Kali reichen Schmelzflüsse dieselben mitsamt allerlei Gasen, deren Anwesenheit sich mitunter in den Gangarten der entstehenden Lagerstätten nachweisen läßt, ausstoßen. Es wird sich später noch wiederholt Gelegenheit geben, auf diese Verhältnisse einzugehen. \*

### 1. Sulfidische Ausscheidungen in sauren Gesteinen.

Dieselben besitzen kaum mehr als ein mineralogisches Interesse.

In den meisten Fällen wird das Auftreten solcher überhaupt nicht als eine magmatische Ausscheidung, sondern vielmehr als eine pneumatolytische Ansiedelung zum Schluß oder nach Schluß der Gesteinsverfestigung aufzufassen sein. So kommt Kupferkies samt Turmalin und Flußspat in Drusen des Granits von Predazzo in Südtirol vor.

Der Syenit des Plauenschens Grundes bei Dresden enthält oft Kupfererze in basischen Ausscheidungen, den sogen. „Tigern“, die aus Hornblende, Augit, Glimmer, Oligoklas, Apatit, Titanit, mehr oder weniger Magnetit, Titan-eisen und Zirkon bestehen. Als Erze und deren Umwandlungsprodukte sind zu erwähnen: gediegen Kupfer, Kupferglanz, Kupferkies, Rotkupfererz, Malachit, Lasur und Pyrit.

Im Porphyry und Pechstein des mittleren Rotliegenden zu Zwickau in Sachsen<sup>1)</sup> finden sich Kupfererze (gediegen Kupfer, Kupferkies, Domeykit) in fein verteiltem Zustand ziemlich weit verbreitet. Oft sind sie auch auf Gängen und Klüften angereichert, wo dann Kupferbleche eine merkwürdige Erscheinung bilden. Solche fanden sich z. B. auf dem Bürgerschacht I bis 0,5 m lang, 0,15 m breit und 3 mm stark, auf dem I. Erzgebirg. Tiefbauschacht bis zu 3 Pfund schwer. Auf dem Bürgerschacht I war das Vorkommen ein so häufiges, daß man eine Gewinnung versucht hat. Außer von den beiden genannten Schächten kennt man die Kupferbleche auch vom Hoffnungs-, Vertrauens- und Brückenbergerschacht.

Daß der Kupferkies und Domeykit wirklich gleichzeitig mit dem Quarzporphyry entstanden sind, wird wohl dadurch bewiesen, daß die Erze nur in der Porphyrydecke vorkommen, in dem Liegenden und Hangenden aber unbekannt sind, und daß sie innerhalb jener Decke in deren ganzer, nicht unbeträchtlicher Ausdehnung auftreten. Nach Frenzel enthält auch das plattenförmige Kupfer Arsen (0,3 %).

### 2. Sulfidische Ausscheidungen in basischen Gesteinen.

Wiewohl Kieseinsprengungen in zahlreichen Eruptivgesteinen, wie z. B. in Diabasen, zu den häufigen Erscheinungen gehören und z. B. auch Magnetkies in verschiedenen Basalten (vielleicht manchmal als nicht authigener Einschuß?) beobachtet wird, so sind doch größere Anhäufungen solcher Erze in basischen Eruptivgesteinen nicht sehr häufig. Von hervorragender Bedeutung ist nur der nachstehend beschriebene Lagerstättentypus, der allerdings gegenüber dem hergebrachten Begriff der „magmatischen Ausscheidung“ einige, scheinbar stets wiederkehrende Sonderheiten aufweist.

<sup>1)</sup> Frenzel, Mineralogisches Lexikon für das Königreich Sachsen, 1874, 179. — Mietzsch, Erläut. zur Geol. Karte von Sachs., Sekt. Zwickau, 1877, 36—37. — Winkler, Analyse des Zwickauer Arsenkupfers bei A. Weisbach, Mineralogische Notizen, II; N. Jahrb., 1882, II, 255.

### Nickelhaltiger Magnetkies (und Kupferkies) gebunden an Gesteine der Gabbrofamilie und deren metamorphe Abkömmlinge.

a) Vorkommnisse gebunden an mehr oder weniger unveränderte intrusive Gabbros und gabbroähnliche Gesteine jüngeren Alters.

\* Magnetkies, soweit die Untersuchungen reichen, mitunter etwas nickelhaltig, kommt in manchen Gabbros als untergeordneter Bestandteil vor. So ist der bekannte Gabbro aus dem Radauthal bei Harzburg stellenweise sehr reich an Magnetkies, der von etwas Kupferkies und mitunter von Pyrit begleitet wird. Das Erz bildet bei oberflächlicher Betrachtung scheinbar derbe Massen, die aber doch durchsprengt sind mit Plagioklas und Diallag. Besonders um fremde Gesteinseinschlüsse haben sich die Sulfide ausgeschieden, doch kommt der Magnetkies auch sonst häufig in schlierigen Anreicherungen im Gestein vor.

Der Gabbro von Harzburg ist karbonischen Alters und hat keine Metamorphose erfahren. Es ist deshalb lehrreich, daß das mikroskopische Bild im wesentlichen an dasjenige mancher später zu besprechenden kanadischen und südnorwegischen magnetkiesführenden Gabbros, z. B. von der Flaad-Grube, erinnert; in den erzeichen Partien bildet das Erz eine Grundmasse, in welcher meist gerundete, aber auch eckige Individuen von Plagioklas, Pyroxen, Biotit, Apatit u. a. liegen. Die Erscheinungsweise dieses Gemenges ist diejenige einer Breccie, in welcher der Magnetkies als jüngster Bestandteil die Bindemasse bildet. Das Erz dringt in tiefen Einbuchtungen in die durchsichtigen Gemengteile ein, gerade als ob diese resorbiert worden wären.

Der Magnetkies des Harzburger Gabbros hat einen deutlichen Nickelgehalt (nach Rammelsberg 0,65 ‰); das geringfügige und deshalb wertlose Vorkommen ist gleichwohl wegen seiner Analogie mit den reichlicheren Erzausscheidungen anderer Gabbrogebiete sehr bemerkenswert. \*

Ein anderes, reicheres Vorkommen von nickelführendem Magnetkies in einem normalen, d. h. nicht metamorphosierten basischen Eruptivgestein, das zwar kein Gabbro ist, einem solchen aber sehr nahe steht, ist das vom **Schweidrich** bei Schluckenau in Böhmen und das von **Mittel-Sohland** in der Lausitz, beide etwa zwischen Warnsdorf und Bautzen, einander benachbart an der sächsisch-böhmischen Grenze gelegen. Die Erze (Magnetkies, Kupferkies und wenig Pyrit) sind gebunden an diabasartige Gesteine, welche den Lausitzer Granit in großer Mächtigkeit durchsetzen.

Das Vorkommen vom Schweidrich ist von v. Foullon<sup>1)</sup> beschrieben worden. Der Betrieb ist gegenwärtig dort auflässig.

Am Schweidrich wird der Lausitzer Granit durchsetzt von einem mindestens 20—30 m mächtigen Gang eines mittelkörnigen, in der Zusammensetzung etwas schwankenden Gesteines, das als normale Hauptbestandteile Plagioklas, rötlichen Augit, braune Hornblende, Biotit, daneben Quarz, Apatit und Erze (Titaneisen und wohl auch Magnetit) zeigt. Stellenweise führt das Gestein, das

<sup>1)</sup> Über einige Nickelerzvorkommen; Jahrb. k. k. geol. Reichs-Anst.. XLII, 1892. 223—310, bes. 302—307.

von v. Foullon als Gabbro bezeichnet wird, auch Olivin. Am Salband gegen den Granit ist das Gestein ein feinkörniger Diabas.

In den erzführenden Partien tritt der Feldspat zurück, die braune Hornblende nimmt zu, der Augit ist in grüne Hornblende umgewandelt, an Stelle des Biotits ist oft Eisenerz getreten. Die Erze, Magnet- und Kupferkies, sind die jüngsten Bestandteile des Gesteines und bilden mit den Silikaten ein buntes Gemenge; derbe Erzmassen sind seltener; solche, die aus fast reinem Magnetkies bei 0,53 % Gangart und 2,90 % Kupfergehalt bestanden, ergaben einen Nickelgehalt von 7,08 %.

Die Erzanreicherungen haben im Kontakt mit dem Granit stattgefunden, wovon letzterer von dem „Gabbro“ her auch mit Kiesen bis auf eine Entfernung von einem Meter imprägniert wurde und nach v. Foullon durch den Gabbrodurchbruch strukturell verändert worden sein soll.

v. Foullon hat die Nickelerzlagerstätte analog denjenigen von Kanada für das Produkt einer magmatischen Ausscheidung gehalten und durch die Analyse nachgewiesen, daß die Silikate des fast erzfreien Gesteines fernab der Lagerstätte nur Spuren von Nickel und kein Kupfer (dagegen etwas Zinn und Antimon) enthalten.

Ganz entsprechend dem Vorkommen am Schweidrich ist dasjenige von Mittelschland,<sup>1)</sup> wo man seit dem Jahre 1900 Nickelerze fördert. Das dortige Gestein ist mittelkörnig und von wechselnder Zusammensetzung; es besteht in der Hauptsache aus hypidiomorphen Körnern von rötlichem Augit, viel brauner Hornblende und Glimmer und wechselnden Mengen von Plagioklas und Olivin und wird von Beck als ein „olivinführender Proterobas von gabbroartigem Habitus“ bezeichnet.<sup>2)</sup> In fast erzfreien, kugelig-schalig verwitternden Knollen und in schlierigen Partien inmitten des Gesteines kommen Spinell und Korund vor. Bemerkenswert sind auch Knauer von Sillimanit. Die Gangmächtigkeit des Proterobases beträgt in den gegenwärtigen Aufschlüssen 7 m.

Als Erze sind Magnetit und Titaneisen, diese beiden als ältere, und Kupferkies und Magnetkies zu beobachten. Erstere beiden kommen als Einschlüsse in den Silikaten vor, letztere umhüllen sowohl die ersteren, wie sie überhaupt die Rolle der jüngsten Bestandteile des Gesteines spielen. Wo sich eine Altersfolge zwischen den beiden Sulfiden erkennen läßt, scheint der

<sup>1)</sup> Beck, Über eine neue Nickelerzlagerstätte in Sachsen; Ztschr. f. prakt. Geol., 1902, 41—43. — Ders., ebenda 379—380. — Ders., Lehre von den Erzlagerstätten, I. Aufl., 1900, 47, II. Aufl., 1903, 46—47. — Ders., Die Nickelerzlagerstätte von Schland a. d. Spree und ihre Gesteine; Ztschr. d. deutsch. geol. Ges., LV, 1903. Erst z. T. erschienen. — Beyer, Die erste Erzlagerstätte der Oberlausitz; Wissensch. Beil. d. Leipziger Zeitung, 13. Febr. 1902. — Material der Clausthaler Sammlung, geschenkt von Herrn Dr. O. Beyer in Bautzen und Herrn Dr. A. Dieseldorff in Dresden. Ferner briefliche Mitteilungen des letzteren.

<sup>2)</sup> In seiner letzten Beschreibung hat Beck die in Talk umgewandelten, teilweise wohl umgrenzten Pseudomorphosen mit den charakteristischen Querschnitten des Olivins für eine zweite Pyroxenart gehalten, die, weil jene Pseudomorphosen im rötlichen Pyroxen eingewachsen vorkommen, älter sein müßte als dieser. Bisher fehlen mir Beweise dafür, daß es sich nicht doch um Olivin handelt. Bergeat.

Kupferkies zunächst älter zu sein als der Magnetkies, indem er von diesem umrandet wird. Da aber beide die Zwischenräume zwischen vorher verfestigten Gemengteilen füllen, so ist es trotzdem möglich, daß der Magnetkies zuerst gewissermaßen die Wände dieser kleinen Drusen bedeckte und erst zuletzt in dem kleinen Innenraum der Kupferkies zur Ausscheidung gelangte.<sup>1)</sup>

Der Olivin liegt teilweise in der Form ringsum ausgebildeter Kristalle innerhalb der späteren Ausscheidungen; er ist vorzugsweise in Talk umgewandelt. Desgleichen hat auch der Plagioklas eine hochgradige Umwandlung erfahren, an seiner Stelle sieht man eine schwach licht- und doppelbrechende, an sich farblose (?) Substanz, die indessen zum größten Teil ebenso wie manchmal die Olivinpseudomorphosen mit einem blaugrünen oder schmutzig braunen Färbemittel gefärbt ist. Die übrigen Silikate, wie Augit, Hornblende und Glimmer haben im allgemeinen bei weitem nicht diese Umwandlungen erlitten.

Die Sulfide umhüllen, manchmal als reichliche Grundmasse, rundliche Körner der Gesteinselemente, bald umzieht besonders der Magnetkies dieselben mit einem schmalen Saum. Der Olivin tritt sehr häufig in wohl umgrenzten Kristallen in dem Erzgemisch auf. Es scheint, als wenn die Festwerdung der Sulfide und die Umwandlung des Olivins und des Feldspats gleichzeitig vor sich gegangen wären.

Das Nickel-Kupfererzmittel ist längs des Kontakts zwischen dem Proterobas und dem Granit in 2—2,5 m Mächtigkeit 150 m weit als derbe Masse mit 4 bis 5% Nickel und 2% Kupfer verfolgt worden. Das reiche Erz verliert sich gegen den tauben Proterobas zu durch eine Gesteinszone, die unregelmäßig fleckig mit Sulfiden imprägniert ist, etwa 2 $\frac{1}{2}$ % Nickel und 1 $\frac{1}{2}$ % Kupfer enthält und auf welche sich obige petrographische Beschreibung bezieht. Proben von scheinbar derbem Magnetkies erweisen sich als reich an Magnetit.

Auch hier ist der Granit auf geringe Entfernung vom erzführenden Gesteinsgang mit Sulfiden imprägniert.

Nach Beyer fanden sich in den oberen Teufen des Erzmittels Knollen mehr oder weniger erzfreien Gesteines im Erz, derart, daß dieselben zunächst von vorwaltendem Kupferkies, dann von einem Gemenge von Kupferkies und Magnetkies und außen von mehr oder weniger reinem Magnetkies überzogen waren.

Es braucht kaum erwähnt zu werden, daß sich nahe dem Ausstrich dieser Lagerstätte sekundäre Kupfererze finden. Kupferglanz kommt auf einem 3—5 cm mächtigen Gang inmitten des sulfidischen Erzes in geringer Tiefe unter dem eisernen Hut als sekundäres Produkt vor, desgleichen hat sich stellenweise gediegen Kupfer gebildet.

Die Sohlander Erze enthalten im Durchschnitt etwa 5% Nickel und 1,8 bis 2% Kupfer und sind frei von Gold, Silber, Platin, Wismut, Arsen und Antimon.

b) Vorkommnisse gebunden an Gabbroide und deren metamorphe Abkömmlinge, welche Einlagerungen im kristallinen Schiefergebirge bilden.

Ziemlich verbreitet sind nickelhaltige Magnetkiese in enger Verbindung mit basischen Gesteinen vorkambrischen Alters, die bald als Norite, Gabbros

<sup>1)</sup> Siehe auch v. Foullon, l. c. 305—306.

oder als feldspatarme Abarten solcher (Pyroxenite) deutlich erkennbar sind, teils eine Metamorphose in ähnliche Hornblendegesteine (sog. Diorite der Amerikaner, Dioritschiefer, Dioritgabbros) oder in Hornblendeschiefer erfahren haben, wobei sich mitunter die Herkunft der letzteren aus Pyroxengesteinen noch deutlich an den darin erhaltenen Pyroxenresten erweisen läßt. Mitunter fehlt aber jeder sichere Beweis, daß solche Amphibolite, Hornblendeschiefer und Hornblendefelse aus Gabbros und Noriten hervorgegangen sind. Daß aber gerade mit ihnen jene Erzausscheidungen auftreten, wird für einen Hinweis auf eine solche Verwandtschaft gehalten.

Die genannten Gesteine bilden in den hier in Betracht kommenden Fällen fast immer linsenförmige Einlagerungen in den umhüllenden kristallinen Schiefen, wie Gneise usw. Die Erzlagerstätten sind dann in der Regel an die Grenzen dieser Einlagerungen gebunden und folgen denselben mit Unterbrechungen.

Der Magnetkies besitzt im übrigen seine weiteste Verbreitung in den in die kristallinen Schiefer eingeschalteten Kieslagern; diese im allgemeinen von Gabbros und ähnlichen Gesteinen nicht begleiteten Erze gelten als nickelfrei (z. B. zu Bodenmais in Bayern oder am Schneeberg in Tirol).<sup>1)</sup>

Möglicherweise ist der Pentlandit oder Eisennickelkies ( $\text{Fe, Ni}$ ) S, mit bis zu 40<sup>0</sup>/<sub>100</sub> Nickel, ein hauptsächlichlicher Träger des Nickels in den in Rede stehenden Lagerstätten. Je reicher der Nickelgehalt des Magnetkieses, desto weniger magnetisch ist letzterer.<sup>2)</sup> In der Regel beträgt der Nickelgehalt der hier in Betracht kommenden Erze nur wenig Prozent, und gewöhnlich wird derselbe begleitet von einem so hohen Gehalt an Kupferkies, daß die Lagerstätten häufig auch als Kupfererzlagertstätten von Bedeutung sind, ja sogar als solche abgebaut worden sind.

Mit der Mineralogie und Chemie dieser Vorkommnisse hat sich Vogt eingehend befaßt.

Der Magnetkies enthält hier meistens neben einem geringen Kobaltgehalt nur 2—3<sup>0</sup>/<sub>100</sub> Nickel, mitunter auch (infolge Beimengung des ihm sehr ähnlichen Pentlandits?) 10—15<sup>0</sup>/<sub>100</sub>. Der Kobaltgehalt des Magnetkieses ist geringer als dessen Nickelgehalt und soll nach Vogt  $\frac{1}{8}$  bis  $\frac{1}{6}$ , manchmal auch nur  $\frac{1}{15}$  bis  $\frac{1}{10}$  des letzteren betragen. Mitunter bemerkt man innerhalb des Magnetkieses den lichter gefärbten und durch seine Absonderungsflächen ausgezeichneten, unmagnetischen Pentlandit (Espedalen und Beiern in Norwegen, Vicinella bei Varallo und Sudbury). Millerit und Polydymit ( $\text{Ni}_3\text{FeS}_5$ ) sind auf kanadischen Nickelerzgruben dieses Typus angetroffen worden. Dagegen scheinen die für die Kobalt- und Nickelerzgänge charakteristischen Arsenverbindungen

<sup>1)</sup> Andererseits aber darf auch nicht vergessen werden, daß der Magnetkies des Freiburger Gneises 0,61<sup>0</sup>/<sub>100</sub> Nickel und 0,12<sup>0</sup>/<sub>100</sub> Kobalt enthält. (Stelzner, Festschrift der Dresdener „Isis“, 1885, 46.)

<sup>2)</sup> Dixon hat gezeigt, daß der Magnetkies von Sudbury durch fortdauernde Konzentration des magnetischen Teiles, unter Ausscheidung eines nicht magnetischen Teiles, zu einem wesentlich nickelärmeren Erz wird. Der Nickelgehalt verringert sich durch magnetische Konzentration von 3—4<sup>0</sup>/<sub>100</sub> auf 0,68—1,20<sup>0</sup>/<sub>100</sub>. Der möglichst reine, aber immer noch etwas magnetische Rückstand enthielt 30,30—33,09 Ni, 26,40—28,65 Fe und 20,46—32,80 S, entspricht also einem sehr nickelreichen Pentlandit.

fast ganz zu fehlen, und ebenso sind die Nickelmagnesiumsilikate der an Serpentin gebundenen Nickelerzlagerstätten von Neu-Kaledonien, Frankenstein usw. diesen Vorkommnissen fremd. Kobaltglanz wird von Erteli in Norwegen, Zinkblende von Bamle in Norwegen und Sudbury in Kanada erwähnt.

Wie auf den Kieslagern des kristallinen Gebirges, so kommt der Schwefelkies auch hier gern in idiomorphen Kristallen vor, welche in die derben Erze, besonders häufig in Kupferkies eingewachsen sind. Zu Klefva (in Schweden) enthält er 2,5 % Kobalt und Nickel und zwar ersteres überwiegend, so daß  $Ni:Co = 1:5$  bis  $1:10$ . „Auf einigen norwegischen Gruben wird der Magnetkies lokal durch Schwefelkies ersetzt; in diesen Fällen, wo somit die ganze Sulfidmasse als Schwefelkies ausgeschieden worden ist, begegnen wir dem normalen Verhältnis zwischen Nickel und Kobalt, nämlich 1 Co zu etwa 6—8 Ni“ (Vogt).

Kupferkies ist stets vorhanden, die gewonnenen Kupfererze sind stets nickelhaltig. Sein Verhältnis zum Magnetkies ist schwankend, bleibt sich aber nach Vogt in Norwegen im Durchschnitt für eine längere Zeit auf den einzelnen Gruben ziemlich konstant. Auf den norwegischen Gruben schwankt das Verhältnis zwischen Kupfer und Nickel zwischen 80:1 und 20:1, scheint aber in der Regel etwa 35:1 zu sein. Aus dem Kupferkies hat sich neben anderen sekundären Erzen stellenweise gediegen Kupfer gebildet.

Bemerkenswert ist der Gehalt der skandinavischen und mancher kanadischer Nickelerze an Titaneisen (und Titanomagnetit). Dieselben kommen in Kristallen, Körnern, faustgroßen und sogar kubikmetergroßen Massen im Magnetkies eingewachsen vor.

Daß die schwedischen Nickelerze Gold enthalten, war schon durch Stapff<sup>1)</sup> erkannt worden; derselbe vermutete auch einen Gehalt von Rhodium und Iridium darin. Das merkwürdige Platin-Mineral Sperryolith ( $PtAs_2$ ) ist 1890 zu Sudbury in Kanada entdeckt worden; auch die kanadischen Erze enthalten etwas Iridium und Palladium.

Nach Vogt kommen die Edelmetalle auf den nickelführenden Magnetkieslagerstätten wohl hauptsächlich im Kupferkies vor; das Verhältnis des Silbers zu Platin und Gold soll nach ihm für die norwegischen Erze sein:  $Au:Ag = 1:120$ ,  $Pt:Ag = 1:30$ ; ferner  $Ag:Ni = 1:5000$ ,  $Pt:Ni = 1:150000$ .

In Kanada wird Platin als sehr untergeordnetes Nebenprodukt aus dem Nickelstein gewonnen.

Zu **Horbach**<sup>2)</sup> im badischen Schwarzwald ist nickelhaltiger Magnetkies an eine mehr oder weniger serpentinierte, mitunter an Magnesiaglimmer reiche, bis zu 10 m mächtige Gesteinsmasse im Gneis gebunden. Das eigentliche Muttergestein der letzteren ist nach Sauer ein Pyroxenit mit brauner Hornblende („Badenit“). Der reine Magnetkies enthält 11—12 %<sub>0</sub>, das Pocherz 2,1—2,8 %<sub>0</sub>

<sup>1)</sup> Über Konzentration von Nickelstein zu Klefva bei Hvettanda in Schweden; Berg- u. Hüttenm. Ztg., XVII, 1858, 371—372.

<sup>2)</sup> Knop, Über die Nickelerze von Horbach bei St. Blasien im Schwarzwalde; N. Jahrb., 1873, 521—529. — Sauer, Ber. üb. die Vers. des oberrh. geol. Vereins, XXXV, 1902. 7.

Nickel. Derselbe wird begleitet von Kupferkies, und beide umhüllen körnige Massen von Eisenglanz. Der Magnetkies wurde schon 1803—1806 zur Vitrioldarstellung benutzt, späterhin 1857—1859 und von 1864 bis in die 70er Jahre des XIX. Jahrhunderts als Nickelerz abgebaut.

In Ober-Italien zieht sich eine Zone von mehr oder weniger basischen Eruptivgesteinen, nämlich von Dioriten, Noriten, amphibolitischen Noriten, Gabbros (Granat- und Olivinabbros) und Lherzolithen, etwa 100 km lang und 20 km breit zwischen Ivrea und Locarno hin, die Täler der Sesia und des Toce überschneidend. Es sind nach Lotti Intrusivgesteine, wie da und dort Erscheinungen des Kontaktmetamorphismus beweisen. An solche Gesteine sind an zahlreichen Orten (zu Val Barbina, Bonda del Chierico, Valmaggia, Miggiandone, Alpe della Valle, Cevia, Laghetto, Pennina Grande, Alvani, Luzzogno, Alagna und Baveno) nickelhaltige Magnetkiese mit Kupferkies gebunden. „Alle in diese Gesteine eingelagerten Erzmassen kommen konstant am Kontakt mit Gneis oder den anderen, die Eruptivmassen umhüllenden Gesteinen vor und bestehen allgemein aus langgestreckten, linsenförmigen Schlieren. Die mikroskopische Betrachtung zeigt, daß das Erz da und dort in die Zwischenräume des Gesteines eindringt und die kristallinen Gesteinselemente verkittet, die manchmal deutliche Korrosionserscheinungen erkennen lassen“ (Lotti). Zusammenfassend bezeichnet man eine Reihe der wichtigsten Gruben, welche besonders vom Ende der 60er bis zum Ende der 70er Jahre des XIX. Jahrhunderts lebhafter betrieben wurden, als diejenigen von **Varallo**;<sup>1)</sup> sie liegen im Sesiatal und im Val Sorba am Südostabhang des Monte Rosa. Über die Geologie der Vorkommnisse sagt Badoureau folgendes: Bei Varallo werden die Glimmerschiefer und der Gneis durchsetzt von einem 20 km langen und 4 km breiten „Dioritmassiv“ (s. u.!). In dem „Diorit“ und auf seinem Kontakt mit dem Gneis findet man erzhaltige Massen, welche die Richtung des Dioritmassivs besitzen. Die Ausfüllung dieser „Gänge“ besteht zu etwa gleichen Teilen aus nickelhaltigem Magnetkies und zwischengeknetetem (remanié) Amphibol, der in der Form halbgeschmolzener rundlicher Einschlüsse auftritt.

Die Cevia-Mine liegt 1980 m, die Grube von Sella Bassa 1500—1700 m hoch. Jener „Diorit“ ist nach Stelzner bald ein olivinfreier, bald olivinführender Norit mit oder ohne Diallag (nach Vogt), bald ein plagioklasfreier Amphibolperidotit (Bronzit-Amphibol-Olivin-gestein). Die gröberkörnigen, plagioklasfreien Gesteine waren der Erzführung am günstigsten. Das Erz findet sich auf Spalten der Gemengteile, besonders aber an der Peripherie der Bronzitkörnchen konzentriert.

<sup>1)</sup> Perazzi, Sul concentramento della calcopirite nel giacimento di pirrotina nichelifera di Miggiandone e sulla paragenesi dei minerali cristallizzati che vi si trovano; Mem. della R. Accad. delle Scienze di Torino (2), XXI, 1865, LXVII—LXX. — Montefiori Levi, Die Nickelgrube von La Balma bei Locarno im Val Sesia; Atti della Soc. Ital. di scienze naturali, IX, 418—425; Ref. N. Jahrb., 1867, 718—719. — Stelzner, Berg- u. Hüttenm. Ztg., XXXVI, 1877, 86—87. — Badoureau, La métallurgie du nickel; Ann. d. Mines (7), Mém. XII, 1877, 237—340, bes. 245—247. Einige Ergänzungen gibt Vogt, Ztschr. f. prakt. Geol., 1893, 257. — D'Achiardi, I metalli, II, 22—24. — Lotti, I depositi dei minerali metalliferi, 34—36.

Die mittlere Zusammensetzung des Erzes gibt Badoureau folgendermaßen an:

	Grube Cevia	Grube Sella Bassa
„Amphibol“ . . . . .	50,00	50,00
S . . . . .	28,00	28,00
Ni . . . . .	1,20	1,44
Co . . . . .	1,00	0,36
Cu . . . . .	0,50	0,72
Fe . . . . .	20,00	20,00

Für die reinen Kiese ergibt das einen Gehalt von 4—5% Nickel und Kobalt. Wegen des Preisfalles für Nickel und wegen der Transportschwierigkeiten ist der Bergbau, der anfangs der 70er Jahre des XIX. Jahrhunderts jährlich 50—55 t Nickelmetall geliefert hat, im Jahre 1878 zum Erliegen gekommen. Mitte der 70er Jahre betrug die gesamte Erzförderung 2500—3000 t.

Einige Bedeutung besaß auch die im Unterlauf der Sesia gelegene Grube von Locarno; sie ergab 1864 etwa 70 t Erz.

Nach Perazzi zeigte sich auf der Erzlagerstätte von Miggiandone eine prächtige sekundäre Neuansiedelung von Erzen und Mineralien längs eines Verwerfers, der als Erzgang im Jahre 1865 schon bis zu 185 m in die Tiefe und 172 m im Streichen aufgeschlossen war. Es fanden sich darauf prächtige Kristallisationen von Magnetkies, Kupferkies, Calcit, Quarz, Blende usw.

Übrigens hat schon Perazzi (1865) eine recht charakteristische Schilderung der oberitalienischen Nickelerze und eine Erklärung ihrer Entstehung gegeben, die den neuerdings von verschiedenen Seiten geäußerten Theorien entspricht.<sup>1)</sup>

In der Provinz Novara sind im Jahre 1901 auf 9 Gruben und Schürfen 280 t Nickel-Kupfererz im Wert von 14000 Lire gefördert worden.

Über die **norwegischen** und **schwedischen** nickelführenden Magnetkieslagerstätten hat zuletzt Vogt<sup>2)</sup> zusammenfassend berichtet.

Wie seit langer Zeit bekannt und von T. Dahll zuerst betont worden ist, sind die nickelführenden Magnetkiese in Skandinavien allgemein an gewisse,

<sup>1)</sup> l. c. LXVIII.

<sup>2)</sup> Vogt, Et par bemærkninger om de norske apatitforekomster; Geol. För. Förh., VI, 1883, 783—798; Ref. N. Jahrb., 1884, II, — 369 —. — Ders., Jernnikkelkis fra Beiern; ebenda XIV, 1892, 335—338; Ref. N. Jahrb., 1893, II, — 72 —. — Ders., Om verdens nikkelproduktion; ebenda 433—475; Ref. N. Jahrb., ebenda. — Ders., Bildung von Erzlagerstätten durch Differentiationsprozesse in basischen Eruptivmagmata; Ztschr. f. prakt. Geol., 1893, 125—143. — Ders., Platingehalt im norwegischen Nickelerz; ebenda X, 1902, 258—260. — Meinich, Über das Vorkommen von Nickelerz in Smälene; Nyt Magaz. f. Naturv. i Kristiania, XXIV, 1878, 125—137; Ref. N. Jahrb., 1880, II, 199 bis 201. — Lang, Ein Beitrag zur Kenntnis norwegischer Gabbros; Ztschr. d. deutsch. geol. Ges., XXXI, 1879, 484—503, Lit. — Helland, Mikroskopische Untersuchung einiger Gesteine aus dem nördlichen Norwegen; Jahresh. d. Troms. Mus., 1878; Ref. N. Jahrb., 1879, 420—422. — Lassen, Om nikkelmalmen på Ringeriget; Nyt Mag. f. Naturv., XXI, 271, zitiert von Lang. — Fr. Müller, Nogle nikkelforekomster paa Ringeriget; Nyt Magaz. f. Naturv., XXVI, 1881, 34—43; Ref. N. Jahrb., 1883, I, — 425 —. — Kjerulf, Udsigt over det sydlige Norges Geologi, 1879; deutsch von Gurlt, 1880, 325—326, 257—258, 310—311. — Santesson, Nikkelmalmsfyndigheten vid Klefva; Geol. För. Förh., IX, 1887, 66—73; Ref. N. Jahrb., 1889, — 429 —. — von Post, Ytterligare om nickelmalmfyndigheten vid Klefva; ebenda 215—220; Ref. N. Jahrb., ebenda. — Landström, Meddelande om nickelmalmfyndigheterna vid Ruda i Skedevi socken, Östergötlands län; ebenda 364—371; Ref. N. Jahrb., ebenda — 275 —.

der Gneisformation fast stets linsenförmig eingelagerte und von dieser konkordant umhüllte Gesteinslinsen gebunden, welche seit jeher mit dem Sammelnamen „Gabbros“ benannt werden. Schon Dahll hat 1864 den Gabbro als den Erzbringer bezeichnet.

Nach Vogt kennt man allein in Norwegen mindestens vierzig über das ganze Land zerstreute Gabbrovorkommnisse, welche von Nickelmagnetkies-Lagerstätten begleitet sind.

Dieselben verteilen sich auf folgende Distrikte mit nachstehenden Hauptgruben:

1. Bei Arendal in Südnorwegen,  $58\frac{1}{2}^{\circ}$  nördl. Br. bis  $58\frac{2}{3}^{\circ}$ .
2. Sättersdalen (Flaad),  $58\frac{1}{2}^{\circ}$ .
3. Bamle (Meinkjär, Bamle Nysten),  $59^{\circ}$ .
4. Smaalenene (Romsaas),  $59\frac{1}{2}^{\circ}$ — $59\frac{2}{3}^{\circ}$ .
5. Kristiania (Ramstad),  $60^{\circ}$ .
6. Ringerike (Erteli, Langdal),  $60^{\circ}$ .
7. Bergen (Nonaas),  $60\frac{1}{2}^{\circ}$ .
8. Espedalen (Stang, Evan, Graahö, Veslegruben),  $61\frac{1}{3}^{\circ}$ — $61\frac{1}{2}^{\circ}$ .
9. Skjåkerdalen und Vårdalen bei Drontheim,  $64^{\circ}$ .
10. Beiern in Nordland,  $67^{\circ}$ , und Malö,  $67\frac{3}{4}^{\circ}$ .
11. Senjen im Tromsö-Amt,  $69\frac{1}{3}^{\circ}$ .
12. Die wichtigste schwedische Nickelerzgrube ist Klefva in Dalarne, in der Gegend von Jönköping.

Die gemeinhin als „Gabbro“ bezeichneten Gesteine sind nur selten als typische Gabbros ausgebildet, sie gehören vielmehr zumeist entweder zu den „Olivinhyperiten“, d. s. Olivin-Plagioklas-Diallaggesteine mit Diabasstruktur, oder zu den Noriten, oder zu den „Gabbrodioriten“, „die im allgemeinen als uralitisierte Norite aufgefaßt werden können“ (Vogt). Biotit und braune Hornblende spielen in den südnorwegischen Noriten eine Rolle. Die Zusammensetzung der Gesteine ist im übrigen eine sehr wechselnde; mitunter, wie zu Erteli, werden sie sogar zu feldspatfreien Olivin-Amphibol-Biotit-Gesteinen, manchmal zu Peridotiten. Der „Gabbrodiorit“ (nach Vogt auch Uralitnorit oder Uralitgabbro) läßt überhaupt keine Anzeichen eines Pyroxens mehr erkennen, dürfte also in seinem jetzigen Zustande wohl den Namen Amphibolit verdienen.

Fast alle diese Gesteine bilden, im Gegensatz zu denjenigen „Grabbros“, welche in der Nähe vieler norwegischer Kieslager angetroffen werden, und die dem Cambrium bzw. dem Silur zugezählt werden, Einlagerungen im Gneis. Vogt betrachtet alle als Eruptivgesteine. „Wo die Kontakte gut entblößt sind, läßt sich im allgemeinen eine messerscharfe Grenze zwischen dem Gabbrogestein einerseits und dem Nebengestein andererseits beobachten; an anderen Stellen dagegen, wo das Terrain stark bedeckt ist, und wo die Gabbrogesteine durch Dynamometamorphose in dem Grenzstadium einen hornblendeschieferähnlichen Habitus erhalten haben, möchte man freilich bei einer sehr flüchtigen Beobachtung an Übergänge zwischen Gabbro und Schiefer denken.“ Fast immer bilden die „Gabbros“ Linsen, doch führt Vogt auch Beispiele für Durchschneidungen der Schichten durch dieselben an; als Beweis für ihre eruptive Entstehung nennt

er auch Nebengesteinseinschlüsse und eine feinkörnige Grenzfazies mancher Stöcke. Nach Meinich hat das Gestein von Romsaas eine kugelförmige Absonderung, die ganz an diejenige des Kugeldiorits von Corsica erinnert. Die Gabbros werden stellenweise durchsetzt von echten Pegmatiten und von orthoklas-freiem „Oligoklasgranit“ (grünlicher Oligoklas, Quarz und Biotit); der letztere führt gleichfalls außer Granat, Turmalin, Kalk- und Eisenspat nickelhaltigen Magnetkies, Kupferkies und Eisenglanz, wobei manchmal die Erze und der Glimmer an den Salbändern konzentriert sind. Endlich werden nach Meinich in Smaalenene alle Gesteine von Dioritgängen durchsetzt.

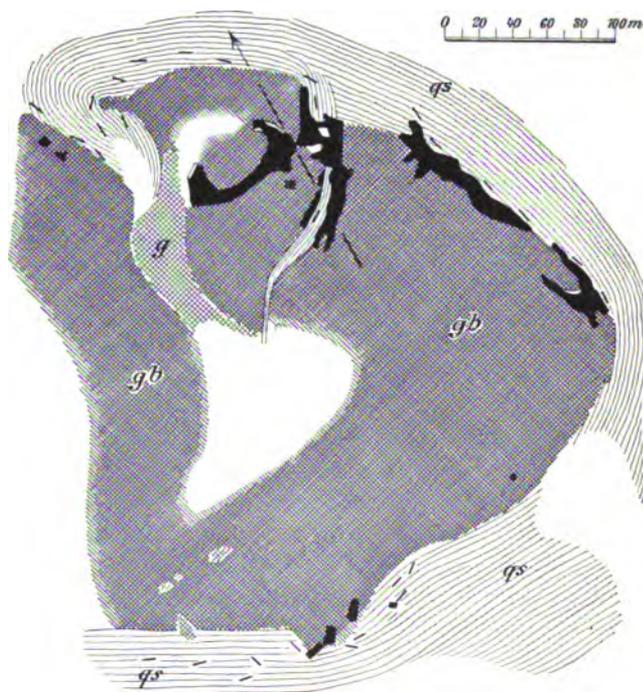


Fig. 5. Der östliche Teil der Ertellgrube. *qs* archaische Schiefer, *g* Granit, *gb* Norit, Olivinnorit, diallagführender Norit, Amphibolpkrit. Die schwarzen Stellen sind die Tagebau. (Nach Kjerulf-F. Müller, 1879, petrographische Ergänzungen nach Vogt 1893.)

Es sind, wie sich aus dem vorigen ergibt, also keine ganz gleichbleibenden Gesteinstypen, an welche die Erze gebunden sind; sie gehören aber immer zu den basischen oder recht basischen Tiefgesteinen, die auch anderswo miteinander aufzutreten und ineinander überzugehen pflegen. Als außerhalb der Verwandtschaft stehend führt Vogt nur einige wenige Vorkommnisse an, nämlich die nickelhaltigen Magnetkiese, die zusammen mit dem Titaneisen von Ekersund-Soggendal, teilweise auch im Labradorfels dortselbst vorkommen, ferner ein solches, das an eine Olivindiabasdecke zu Lundörren in Jemtland gebunden ist, und endlich ein solches im silurischen oder postsilurischen Gabbro (Olivin-gabbro?) im Drontheimgebiet.

Das Erz kommt nur zum geringen Teil als ein zweifelloser akzessorischer Gemengteil des Gesteines vor. Im übrigen bildet es zumeist Anhäufungen an der Peripherie der „Gabbro“-Massen, überhaupt dort, wo dieselben an die kristallinen Schiefer stoßen, also auch in der Nähe der zwischen den Gabbros auftretenden Schiefermassen. In dem Erze sind dann häufig Elemente des Nebengesteines in inniger Mischung zu sehen. Die Mächtigkeit dieser Erzzone, welche übrigens häufig auch von dem beiderseitigen Nebengestein scharf geschieden sind und z. B. auf einer der Erteli-Gruben gangförmige Massen von 150—200 m Länge bilden, beträgt meistens bis zu einigen, selten bis zu 15 m. Nur untergeordnet kommen Erzmassen auch im Innern der Gabbrostöcke vor. „Endlich verzweigen sich die Erze ziemlich oft auch in die angrenzenden Schiefer hinein bis zu einer Entfernung von im allgemeinen etwa 10, selbst 25 bis 50 m von der Gabbrogrenze“ (Vogt); man hätte also damit injizierte Gänge vor sich. In den Schiefeln selbst kommen ferner fahlbandartige Anreicherungen, ja mehrere Meter mächtige Erzstreifen vor. So kennt man auf der Mellemgrube in Smaalene nach Meinich sechs solcher Erzbänder mit 2—10 m und mehr Mächtigkeit, und Müller und Vogt erwähnten solche Magnetkieslagerstätten, welche mindestens in keinem unmittelbaren Zusammenhang mit „Gabbro“ stehen, aus Ringerike.

Das Areal der Gabbrofelder schwankt zwischen 100 und einigen hundert bis zu mehreren und vielen tausend Quadratmetern. Das bedeutendste Gabbrogebiet ist dasjenige von Erteli mit 210000 qm, ein anderes großes, dasjenige von Romsaas, mißt 50000 qm. Über die vorhandenen Kiesmassen hat Vogt (Ztschr. f. prakt. Geol., 1893) Mitteilungen gemacht, auf welche hiermit verwiesen sei.

Vogt berechnet, daß, wenn man sich den durch Schätzung gefundenen Nickel-, Kobalt- und Kupfergehalt der Lagerstätten gleichmäßig durch die Gabbrostöcke verteilt denke, diese folgende Durchschnittsgehalte aufweisen würden:

	Ni	Co	Cu
	%	%	%
Zu Erteli . . . . .	0,03	0,005	0,015
Meinkjær und Bamle Nysten . . .	0,12	0,017	0,05
Beiern . . . . .	0,085	0,008	0,02

Die nickelführenden Magnetkieslagerstätten Norwegens sind nach Vogt das Produkt einer magmatischen Differentiation. Die Sulfide haben nach ihm dem Magma selbst angehört; sie sind hier, wie auch bei den anderen bis jetzt erwähnten Vorkommnissen, zuletzt verfestigt worden und haben sich dabei zwischen den Gesteinsgemengteilen, in Rissen und Spaltklüften derselben, an der Peripherie der Gesteinslinsen und von dort ausgehend auch auf den Klüften des Nebengesteines angesiedelt.

Die norwegische Nickelindustrie besteht seit dem Ende der vierziger Jahre des XIX. Jahrhunderts; sie hat ihre höchste Blüte und eine führende Stellung im Jahre 1876 erreicht und damals 360 t Nickelmetall produziert. Damals betrug der mittlere Gehalt des Schmelzerzes nur 0,9—1,5% Nickel. Die um die Mitte der siebziger Jahre des XIX. Jahrhunderts aufgenommene Verwertung der neu-

kaledonischen Garnieritvorkommnisse bewirkte einen allmählichen Preisrückgang des Metalls von 35 M. pro Kilo (um 1860) auf etwa 6 M. (1878). Jetzt kostet das Kilo ungefähr 2,50—3 M. Diese Konkurrenz, vereint mit der nordamerikanischen Produktion, führte einen völligen Rückgang des norwegischen und schwedischen Nickelbergbaues herbei. Seit 1896 ist Norwegen sozusagen aus der Reihe der nickelproduzierenden Länder verschwunden, 1895 hatte es noch gegen 500 t Erz und 17 t Nickel gegeben bei einer Weltproduktion von 4400 t. In neuester Zeit ist die Flaad-Grube in Evje (Sättersdalen bei Kristianssand) wieder in Betrieb genommen worden.

\* Als erzarmes Muttergestein<sup>1)</sup> der Flaadgrube dürfte ein quarzreicher Glimmeramphibolit mit viel Apatit und Magnetit bzw. Titaneisen anzusehen sein. Das Gestein hat makroskopisch betrachtet ganz das Aussehen eines Gabbros und wird auch als Gabbro bezeichnet; unter dem Mikroskop aber zeigt es die charakteristische Struktur eines metamorphen Gesteines. Besonders grobkörnige Varietäten sind reich an Plagioklas.

Von den Erzen herrscht der Magnetkies, nach ihm folgt der Pyrit und am wenigsten reichlich scheint der Kupferkies vertreten zu sein. Die derberen Erzmassen umschließen zweifellose, teilweise ganz scharfkantige Bruchstücke des Nebengesteines, und besonders der Pyrit und der Magnetkies sind auf Rissen und Spältechen manchmal in dieselben eingedrungen und imprägnieren sie. Die Imprägnation hat besonders an der Oberfläche der Bruchstücke manchmal einen solchen Grad erreicht, daß man an eine teilweise Resorption der Stücke denken könnte und die Grenzen der letzteren gegen das Erz unscharf werden.

Das Verhältnis zwischen den Erzen und den kleineren Nebengesteinsbruchstücken und Mineralbeimengungen ist das typische: in den Magnetkiesen liegen kleine Partien von der Zusammensetzung des Nebengesteines, aber auch Individuen der einzelnen Mineralien wie Plagioklas, Hornblende, Biotit und Apatit wie in einer Grundmasse zerstreut. Das Gemenge sieht manchmal aus, als habe man das Muttergestein grob zerkleinert und die ein bis mehrere Millimeter im Durchmesser haltenden Körner in die Erzmasse eingeschmolzen; das Mikroskop aber zeigt, daß die Mineralkörner und Gesteinsbröckchen häufig gerundet sind, als ob sie abgeschmolzen wären, und der Kies greift häufig buchtig in dieselben ein. Während inmitten des Magnetkieses die Mineralelemente des Amphibolits recht frisch sind, scheint die Hornblende im Kupferkies gern in faserige, blaugrüne Aggregate von Strahlstein umgewandelt zu sein, in die das Erz wie eine sekundäre Ansiedelung eingewandert ist.

Auch in feldspatreichen Ausbildungen des Gesteines kommen Magnetkies und Kupferkies in auffälliger Menge in der Weise vor, daß sie, sichtlich als jüngste Ausscheidung, die Ausfüllung von Zwischenräumen zwischen den Silikaten bilden. Daß die Erzausscheidung hier wie in einer Druse vor sich gegangen sein dürfte, wird dadurch bewiesen, daß im Innern einer Magnetkiesmasse häufig eine Partie Kupferkies zu sehen ist, der, wie Fig. 6 zeigt, doch zweifellos das zuletzt ausgeschiedene Erz darstellt.

Von den die Erzlagerstätte begleitenden Gesteinen sei zunächst eines erwähnt, das einem feinkörnigen Aplit ähnelt und unter dem Mikroskop aus Quarz, Orthoklas, Plagioklas und Mikroklin samt sehr untergeordnetem Glimmer und spärlichen Körnchen von grüner Hornblende besteht. Handstücke, die zur Hälfte aus dem erzhaltigen Gestein, zur anderen Hälfte aus jenem Aplit bestehen, lassen erkennen, daß der letztere im Kontakt viel dunkle Silikate aufgenommen hat und daher wie mit schwarzgrüner Farbe imprägniert erscheint. Dasselbe

<sup>1)</sup> Die folgende petrographische Skizze stützt sich auf das Material, welches die Clausthaler Sammlung Herrn Oberst Henriksen verdankt.

Aussehen hat das Gestein auch längs der mit Kiesen ausgefüllten, in dasselbe zweifellos eindringenden Gangspältchen. Zwischen dem Erz und dem Aplit scheint eine Quarzlage von wechselnder Mächtigkeit zu verlaufen und der Erzkörper besonders glimmerreich zu sein.

Endlich liegt noch ein Gestein vor, welches als Biotit-Hornblendeschiefer bezeichnet werden muß und parallel zur Schieferung flaserige Einlagerungen von Magnetkiesschmitzen, etwa 5—6 auf 1 cm Gesteinsmächtigkeit, zeigt.

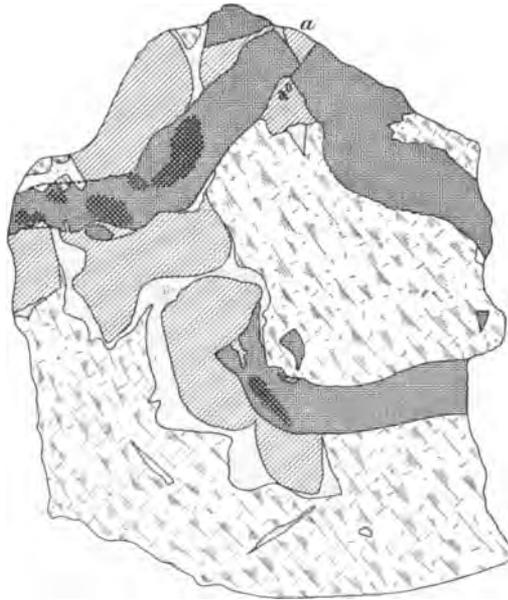
Sehr merkwürdig ist die große Strukturähnlichkeit des Erzes von der Flaadgrube mit derjenigen des beschriebenen Vorkommens von Harzburg. Sie dürfte beweisen, daß auf dieser norwegischen Grube das Erz durch die Metamorphose keine bemerkenswerte Umlagerung mehr erfahren hat, während der „Gabbro“ selbst in allen seinen Teilen, auch in den kleinen im Erz eingebetteten Partikeln zu Amphibolit umgewandelt worden ist, — eine für das Wesen des Metamorphismus sehr beachtenswerte Erscheinung.

Daß übrigens beim Metamorphismus der Gesteine auch Wanderungen der Erze stattgefunden haben können, versteht sich von selbst. Der Umfang solcher Umlagerungen scheint aber kein sehr beträchtlicher zu sein. Jedenfalls besteht kein Grund, anzunehmen, daß die Konzentration der Erze zu ihrer jetzigen Lagerungsform das Ergebnis späterer Auslaugung sei.

Als eine Neubildung durch Gesteinsmetamorphose tritt häufig Granat längs der Magnetkiesausscheidungen

auf. Vogt hat das ausführlicher beschrieben und Präparate solcher granatführender Gesteine abgebildet.<sup>1)</sup> Der Granat begleitet in meist dünnen Säumen den Magnetkies besonders gern dort, wo er Plagioklas durchsetzt; aber auch die in das Nebengestein eindringenden Magnetkiesadern werden häufig von bis zu 2,5 cm dicken Silikatzen begleitet, die aus Granat, mitunter auch aus Hornblende und Quarz bestehen.

Wegen weiterer Einzelheiten sei auf Vogts eingangs zitierte ausführliche Darstellung verwiesen.



					
Bruchstücke von Amphibolit.	Imprägnationen von Pyrit u. Magnetkies im Amphibolit.	Kupferkies.	Pyrit.	Magnetkies.	Eigentlicher Umriss der Amphibolitbruchstücke.

Fig. 6. Eine Erzstufe von der Flaad-Grube. Lineare Verkleinerung auf  $\frac{1}{10}$  der nat Größe. Unter a sieht man deutlich, wie eine Nebengesteinsscholle durch Knickung auseinandergebrochen ist, bevor sich das Erz verfestigte.

(Clausthaler Sammlung.)

<sup>1)</sup> l. c. 1893, 139—140.

Noch bevor die großen kanadischen Kupfererzlagerstätten auf Nickel verwertet wurden, hatte zeitweise die **Gap Mine** in Lancaster County, Pennsylvania, für die amerikanische Nickelproduktion eine hohe Bedeutung.<sup>1)</sup>

Die Grube liegt etwa 80 km westlich von Baltimore inmitten eines Gneisgebietes, in welchem zahlreiche Vorkommnisse basischer Tiefengesteine bekannt sind. Eine Linse von Amphibolit, im Ausstrich etwa 600 m lang und 150 m breit, bildet eine Einlagerung in Glimmerschiefern; der Amphibolit besteht fast ausschließlich aus grüner Hornblende mit untergeordnetem Magnetkies, stellenweise auch etwas Plagioklas und Biotit. Spuren von rhombischem Pyroxen und Olivin weisen nach Kemp darauf hin, daß das Gestein vielleicht ein metamorpher (uralitisierter) Gabbro oder ein verwandtes Gestein sein könnte. Die Linse ist

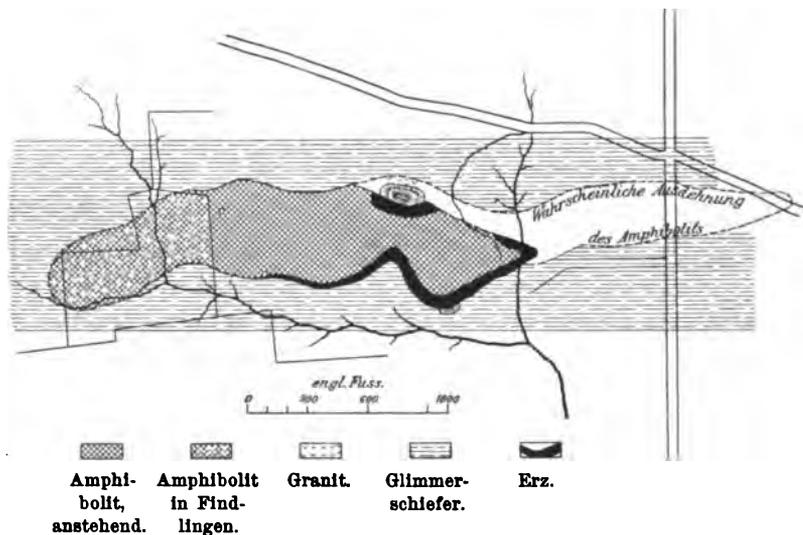


Fig. 7. Geologischer Grundriß der Gap-Nickel-Grube. (Kemp, 1894.)<sup>2)</sup>

anscheinend konkordant in die Schiefer eingelagert. Stellenweise hat der Amphibolit ein schieferiges Gepräge, er wird aber in der Nähe der Lagerstätten massig.

Das Erz besteht weitaus zum größten Teil aus Magnetkies; seine räumlichen Beziehungen zum Nebengestein ergeben sich aus Fig. 7.

Neben dem Magnetkies bricht viel Kupferkies und untergeordnet auch Schwefelkies, daneben als jüngere Bildung Millerit ein. In den inneren Teilen der Amphibolitlinse kamen zwar auch Erzmassen vor, sie waren indessen immer nur von geringer Bedeutung, und der hauptsächlichste Abbau bewegte sich auf der Grenze zwischen ersterer und dem Schiefer. Dort erreichten die Kiesmassen Mächtigkeiten bis zu 10 m; der Bergbau drang bis in Tiefen von 75 m vor.

<sup>1)</sup> Kemp, The nickel mine at Lancaster Gap, Pennsylvania, and the pyrrhotite deposits at Anthony's Nose, on the Hudson; Transact. Am. Inst. Min. Eng., XXIV, 1894. 620—631. — Ders., Ore deposits, 1900, 432—434, Lit.

<sup>2)</sup> In obiger Figur ist zu setzen statt „Wahrscheinliche“ „Angeblliche“.

Der Nickelgehalt des Erzes betrug 1—3<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, drei- bis viermal so viel als der Kupfer- und zwanzigmal so viel als der Kobaltgehalt.

Kemp betrachtet den Amphibolit als ein verändertes Intrusivgestein und erklärt die Erzbildung in derselben Weise, wie das Vogt für die norwegischen Lagerstätten getan hat. Im Dünnschliff zeigt sich eine innige Durchwachsung von Amphibol und Magnetkies: keiner scheint früher gebildet zu sein als der andere — wenigstens in ihrer jetzigen Verteilung.

Der Nickelgehalt des Magnetkieses von Gap Mine wurde etwa 1853 erkannt; von 1862 an bis zur Entdeckung der kanadischen Nickelerzlager war das Vorkommen die hauptsächlichste Nickelerzlagerstätte von Amerika und zeitweise überhaupt die wichtigste auf der Erde. Im Jahre 1872 betrug die monatliche Förderung 400—600 t Erz. Die Grube kam im Jahre 1893 zum Erliegen.

Über einige andere untergeordnete Vorkommnisse von nickelhaltigem Magnetkies im Staate New York hat Kemp (l. c.) berichtet.<sup>1)</sup>

Außer den neukaledonischen Nickelgruben sind gegenwärtig diejenigen in der Umgebung von **Sudbury** in Kanada für die Nickelproduktion am wichtigsten. Dieselben schließen sich eng den Vorkommnissen in Skandinavien und zu Varallo an.<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Siehe auch H. Credner, Beschreibung von Mineralvorkommen in Nordamerika; Berg- u. Hüttenm. Ztg., XXV, 1866, 17.

<sup>2)</sup> Bonney, Notes on a part of the Huronian Series in the neighbourhood of Sudbury; Quart. Journ. Geol. Soc. Lond. XLIV, 1888, 32—44. — Collins, On the Sudbury copper deposits; ebenda 834—838. — Peters, The Sudbury copper-nickel ores; Technisch-hüttenm. Bemerkungen in Eng. Min. Journ., XLVI, 1888, II, 235. — Ders., The Sudbury ore deposits; Transact. Am. Inst. Min. Eng., XVIII, 1890, 278—289. — Ders., Die nickelhaltigen Kupfer- und Magnetkieslagerstätten von Sudbury; Berg- u. Hüttenm. Ztg., L, 1891, 149—151; Auszug aus dem vorigen. — Mc. Charles, Kurze Notiz in Eng. Min. Journ., LI, 1891, I, 578—579. — Barlow, On the nickel and copper deposits of Sudbury; read before the Logan club, Ottawa, march 6<sup>th</sup>, 1891; Reprinted from the Ottawa naturalist. — Bell, The nickel and copper deposits of Sudbury; Bull. Geol. Soc. of Am., 1891, II, 125—240. — Ders., Eng. Min. Journ., LI, 1891, I, 328; Auszug aus vorigem. — Ders., Report on the Sudbury Mining District; with notes on the microscopic character of rocks from the Sudbury mining district by G. H. Williams; Report of the Geol. Surv. of Canada, V, part I, 1890—1891. — Merritt, The Minerals of Ontario and their development; Transact. Am. Inst. Min. Eng., XVII, 1889, 293—300. — Garnier, Mines de nickel, cuivre et platine du district de Sudbury; Mém. Soc. des Ingén. civils. Mars, 1891. — Levat, Mémoire sur les progrès de la métallurgie du nickel; Ann. d. Mines (9), I, 141—226, bes. 164—176. — Vogt, De canadiske forekomster af nikkelholdig Magnetkis; Geol. För. Förh., XIV, 1892, 315—324; Ref. N. Jahrb., 1893, II, 72. — von Foullon, Über einige Nickel-erz-vorkommen; Jahrb. k. k. geolog. Reichs-Anst., XLII, 1892, 223—310, bes. 276—302. — Briefliche Mitteilungen und Sendungen des Herrn G. Mickle an Stelzner im Jahre 1892. — Browne, The exhibit of the Canadian Copper Company (Chicagoer Welt-ausstellung); Eng. Min. Journ., LVI, 1893, II, 289—290. — Ders., The composition of nickeliferous pyrrhotite; ebenda 565—566. — S. H. Emmens, The composition of nickeliferous pyrrhotite; Canad. Min. and Mech. Rev., August 1893; zitiert von Browne. — Bush, The Sudbury Nickel Region; Eng. Min. Journ., LVII, 1894, 245—246. —

Man hat zuerst 1848 im Magnetkies der Wallace Mine am Nordufer des Huronsees Nickel nachgewiesen, indessen blieb diese Entdeckung ohne technische Bedeutung. Weitere Funde veranlaßte der Bau der kanadischen Pacific-Eisenbahn; 1884 wurde die Murray Mine eröffnet und im Jahre 1886 die Canadian Copper Co. mit 2 Mill. Dollars Kapital gegründet. Andere Gruben folgten, und zwar zunächst behufs Ausbeutung von Kupfererzen, denn der Wert der Erze als Nickelerze wurde erst später erkannt. Nach und nach wurden etwa 20 nickelführende Kieslagerstätten fündig, von denen die bedeutendsten in der Umgebung von Sudbury, in den Distrikten Nipissing und Algoma (Provinz Ontario) innerhalb einer Zone von etwa 80 km Länge und 40 km Breite liegen.

Die Wichtigkeit, welche dieser Erzdistrikt gewonnen hat, geht daraus hervor, daß sich seit 1889 die Nickelproduktion in Nordamerika von 409 t auf über 4000 t gehoben hat.

Der Sudbury-Distrikt ist ein welliges Land von 280—300 m Meereshöhe, bedeckt mit kleinen Seen, Morästen und Wald, soweit dieser nicht verheert und niedergebrannt ist. Er liegt im Gebiet der ehemaligen Vergletscherung und ist deshalb eine Rundhöckerlandschaft.

Die Erzlagerstätten von Sudbury gehören den tieferen Schichten des Huron an, welche der Gneisformation aufruben und aus mannigfachen Gesteinen, Gneis, Hornblende- und Glimmerschiefern, Grauwacken, Phylliten, Quarziten und vulkanischen Breccien bestehen. Dieselben fallen steil gegen NW. und N. ein und sind oft stark gefaltet. Die laurentische Gneisformation umhüllt diese huronischen Schichten, die bei Sudbury eine gegen 40 km breite Zone bilden und sich vom Huronsee bis zum Mistassinisee erstrecken.

Die zahlreichen zwischen 1887 und 1891 vorgenommenen Schürfnngen ergaben bald die Regel, daß die Kupferkies-Magnetkieslagerstätten gebunden waren an mittelkörnige Gesteine, die, vorzugsweise aus Hornblende und Plagioklas bestehend, als Diorite bezeichnet worden sind. Solcher „Diorit“-Einlagerungen gibt es in dem Gebiete mehr als hundert. Sie liegen konform in den huronischen Schichten und zeigen elliptische Oberflächendurchschnitte, deren lange Achse ziemlich parallel zur Schichtung des Huron verläuft. Die größte, zwischen Creighton und Garson gelegene Masse ist ungefähr 6,5 km breit und mindestens

Adams, The igneous origin of certain ore deposits; Gen. Min. Ass. Prov. Quebec, Jan. 1894; Ref. N. Jahrb. 1896, I, — 272—273 —. — Walker, Geological and petrographical studies of the Sudbury nickel district; Quart. Journ. Geol. Soc. London, LIII, 1897, 40—66. — Ders., Notes on nickeliferous pyrite from Murray Mine, Sudbury, Ontario; Am. Journ. of Science, XLVII, 1894, 312—314. — Dixon, Über das Nickel im Nickelpyrrhotit von Sudbury; Österr. Ztschr. f. Berg- u. Hüttenw., L, 1902, 506. — Über den Sperrylith siehe Wells, Sperrylith, ein neues Mineral; Zeitschr. f. Kryst., XV, 1889, 285—289. — Penfield, Die Krystallform des Sperryliths; ebenda 290—292. — Walker, Beitrag zur Kenntnis des Sperryliths; ebenda XXV, 1895, 561—564. — Hidden, Über das Vorkommen von Sperrylith in Flußsanden von Nord-Carolina; Am. Journ. of Science, 1898, 381—383. — Hidden und Pratt, Die Begleitminerale des Rhodoliths; ebenda 463—468; Referate über beide Arbeiten Ztschr. f. Kryst., XXXII, 1900, 599—600.

40 km lang; eine andere, zwischen Lavack und Trill gelegene ist etwa 30 km lang und 5—7 km breit. Außerdem gibt es noch eine Anzahl kleiner Linsen, die manchmal nur 50 m Durchmesser besitzen. Indessen handelt es sich auch bei den langgestreckten „Diorit“-Zonen vielleicht nicht um ununterbrochen verlaufende Einlagerungen, sondern wohl um eine Aneinanderreihung kleinerer oder größerer Gesteinskörper zu langen Zügen.

Die für das Auftreten der Lagerstätten bezeichnenden Gesteine sind größtenteils stark metamorphosiert. In ihrem jetzigen Zustande sind es zumeist Amphibolite; dieselben lassen teilweise gar keinen sicheren Hinweis auf ihre frühere Beschaffenheit mehr erkennen, haben oft schieferige Struktur und müssen dann als Hornblendeschiefer bezeichnet werden. Mitunter erkennt man in ihnen noch die deutlichen Reste von Hypersthen oder Diallag, und manchmal sind es überhaupt Gesteine von der Zusammensetzung der Norite. Andererseits zeigen sich auch Übergänge zu Gesteinen von der Zusammensetzung des Gneises oder Granites, und solche treten stellenweise überhaupt an die Stelle jener Hornblendegesteine. Doch sind die hauptsächlichsten Nickelvorkommnisse an die letzteren gebunden. Im ganzen sind, wie Walker hervorhebt, die kanadischen nickelführenden Gesteine ganz entschieden saurer als die norwegischen, und vor allem führen sie keinen Olivin, während sie andererseits oft Quarz enthalten. Mangels einer typischen Beschaffenheit der Gesteine sind dieselben denn auch auf den verschiedenen Gruben mit ganz verschiedenen Namen bezeichnet worden, so als Diorit, Gabbro und Diabas (letztere Bezeichnung scheint am wenigsten berechtigt zu sein), als Quarzglimmerdiorit, Augitdiorit, Uralitgabbro, Hornblendeschiefer, Norit usw.

Entlang der Grenze der Amphibolite sind die huronischen Schiefer häufig zerrüttet; die ersteren umschließen dann Partien der letzteren, und außerdem bildet gerade das Erz häufig den Zement solcher Breccien.

Die Erzlagerstätten selbst sind recht eigenartig. Zunächst stimmen alle Beobachter darin überein, daß keine echten Gänge vorliegen. Sekundäre Gangbildungen mit Quarz und Magnetkies kommen wohl vor, sind aber ganz unbedeutend und haben mit der Entstehung der Lagerstätten selbst nichts zu tun. Im wesentlichen sind die Erze an den „Diorit“ und hauptsächlich an die Grenze zwischen diesem und den angrenzenden Schiefen gebunden. Dabei ist ihre Verbreitung nicht etwa eine kontinuierliche längs der „Diorit“-Grenze, sondern sie kommen nur da und dort auf derselben vor, besonders häufig dort, wo jene breccienartigen Zerrüttungen vorliegen.

Von dem Kontakt her gehen wohl auch Imprägnationen in die huronischen Schiefer und in die „Diorite“ aus, und in letzteren kommen auch wohl kleinere abbauwürdige Mittel vor, aber das sind Ausnahmen.

Die Form der Erzlagerstätten ist recht verschieden. Im allgemeinen sind es gewaltige linsen- oder schotenförmige Massen, welche z. B. auf einer der größten Gruben, der Copper Cliff Mine, 100 m streichende Länge, über 30 m Dicke und über 80 m seigere Teufe besitzen können und sich gewöhnlich zu mehreren hintereinander reihen. Das Erz ist nur selten und nur in geringen Massen völlig derb; im allgemeinen ist es ein Gemisch von Magnetkies samt Kupferkies

mit Elementen des „Diorits“ und vielen kleinen und bis zu mehreren Fuß langen Trümmern desselben, welche bald nahe aneinander, bald so weit auseinander liegen, daß die Erzmatrix die Hauptmasse der Breccie ausmacht. Die Fragmente selbst können mit Erz imprägniert sein. Das letztere darf aber nicht als ein magnetkieshaltiger „Diorit“ bezeichnet werden, in welchem das Erz die Oberhand gewonnen habe, es ist vielmehr tatsächlich eine mit Erz verkittete Breccie. Außer in den abbauwürdigen Massen sind die Sulfide auch allenthalben in Einsprenglingen und manchmal in kleinen Schmitzen durch den „Diorit“ verbreitet. Die Nebengesteinsbruchstücke sind bald eckig, bald gerundet, dünne Schollen des tauben Gesteines lagern sich manchmal (z. B. auf der Stobie-Grube) parallel dem Sreichen in das Erz ein.

Haupterz ist der Magnetkies mit 1—5<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, manchmal aber mit über 10<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, ja bis zu 15<sup>0</sup>/<sub>0</sub> Nickel. Solch hohe Nickelgehalte werden wohl durch gelegentliche Beimengung von Eisennickelkies und Millerit bewirkt. Auch Polydymit, Rotnickelkies und Gersdorffit sind gelegentlich einmal beobachtet worden.

Der Kupferkies tritt mitunter in beträchtlichen reinen Massen auf, ist aber im allgemeinen dem Magnetkies untergeordnet.

Im Jahre 1891 betrug der durchschnittliche Gehalt der von der Canadian Copper Co. verschmolzenen Erze 4,32<sup>0</sup>/<sub>0</sub> Kupfer und 3,25<sup>0</sup>/<sub>0</sub> Nickel. Kobalt kommt in geringer Menge vor, desgleichen auch Gold, Silber, Platin, Iridium und Palladium in Spuren. Ferner wird Zinnerz erwähnt. Pyrit mit 4,3<sup>0</sup>/<sub>0</sub> Nickelgehalt hat Walker von der Murray Mine untersucht.

Die Zusammensetzung dreier Erze von der (I) Copper Cliff-, (II) Evans- und (III) der Stobie-Grube war im Mittel eines Monats des Jahres 1893 folgende:

	I	II	III
SiO <sub>2</sub> . . . . .	13,44	24,55	12,50
Fe . . . . .	39,02	35,18	47,25
S . . . . .	26,26	18,27	25,26
Cu . . . . .	4,31	1,43	1,92
Ni . . . . .	5,37	3,74	2,36
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	4,49	8,02	3,30
CaO . . . . .	2,28	2,06	1,48
MgO . . . . .	0,95	1,67	0,80
P . . . . .	0,015	0,01	0,018
Mn . . . . .	0,09	0,08	0,09
H <sub>2</sub> O . . . . .	0,15	0,07	0,09

Im Jahre 1900 betrug der Nickelgehalt der verschmolzenen kanadischen Nickelerze durchschnittlich nur 1,67<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, der Gehalt an Kupfer 1,59<sup>0</sup>/<sub>0</sub>. Der im Schmelzprozeß gewonnene Nickelkupferstein enthält (1902) 13,2<sup>0</sup>/<sub>0</sub> Cu, 17,8<sup>0</sup>/<sub>0</sub> Ni, 0,45<sup>0</sup>/<sub>0</sub> Co und 60 g Silber, 10 g Platin und 10 g Palladium in der Tonne.

Am meisten Interesse von den selteneren auf den Nickelgruben verbreiteten Mineralien verdient das Platinarsenid Sperryolith (PtAs<sub>2</sub>). Es fand sich zuerst im umgewandelten Ausstrich der Vermilion Mine mit etwas gediegen Gold.

Gelegentlich umschließt der Magnetkies auch kleine Massen von titanhaltigem Magnetit.

Die Ausstriche der Lagerstätten sind nur bis zu der geringen Tiefe von 1—2 m von einem „eisernen Hut“ (einer sekundären Verwitterungszone) bedeckt, was wohl mit der intensiven Abrasion zur Eiszeit zusammenhängen mag. Die

rostige Farbe des Felsbodens und Massen von Kupferkies in dem eisenschüssig verwitternden Boden haben auch hier zur Erkennung zahlreicher Lagerstätten geführt. In der Zone unzersetzten Erzes scheint ein Wechsel in seiner Beschaffenheit mit der Teufe nicht stattzufinden.

Die Fig. 8 gibt einen Überblick über die Lage mehrerer wichtiger Gruben. Dieselben liegen größtenteils im Umkreis von einigen Kilometern um Sudbury, so die Creighton-, Murray-, die Copper Cliff-, Stobie-, Blezard- und Evans-Grube. Weiter nach Westen zu sind die Vermilion,<sup>1)</sup> Travers und die Worthington Mine

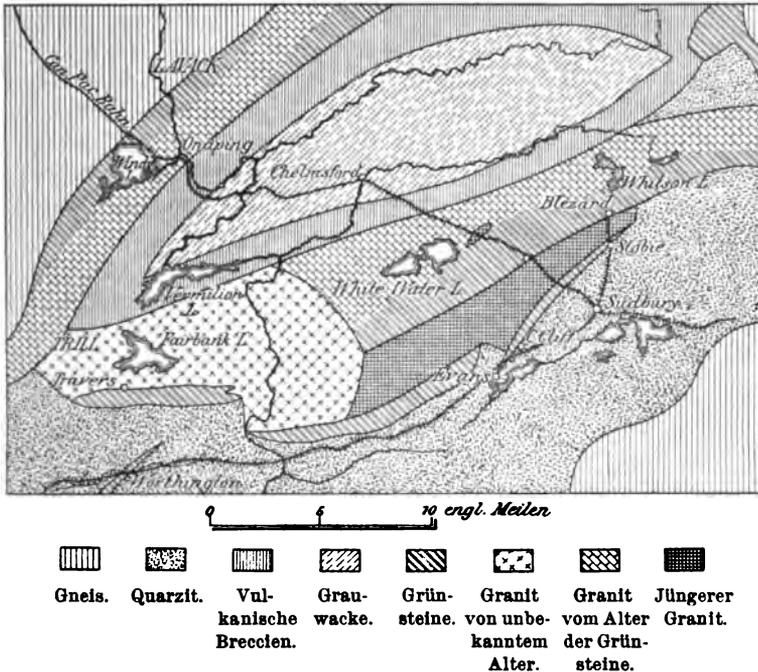


Fig. 8. Geologische Skizze der Umgebung von Sudbury. (Walker, 1897.)  
Der unbezeichnete Ort an der Pacificbahn, etwa 5 miles NW. Sudbury, ist die Murray Mine.

gelegen. Die größte und reichste dieser Gruben ist jetzt die neu eröffnete Creighton Mine. Übrigens werden fortwährend auch im weiteren Umkreise von Sudbury neue Funde ausgebeutet.<sup>2)</sup>

Im Jahre 1901 produzierte Ontario etwa 300000 t Nickelkupfererz mit einem Nickelgehalt von 4200 t und einem fast ebenso hohen Kupfergehalt. Der Wert des ersteren betrug allein gegen 8 Mill. Mark. Seit 1896 hat sich die Produktion verdreifacht. Nachstehende Zahlen bezeichnen die enorme Zunahme der Nickelproduktion der Provinz Ontario:

<sup>1)</sup> Liegt nahe Worthington, nicht an dem auf der Karte angegebenen Vermilion Lake.

<sup>2)</sup> Über die Ausdehnung der Nickelgewinnung in Ontario orientiert die „Mineral Industry“.

	Nickel t		Nickel t
1890 . . . . .	650	1896 . . . . .	1550
1891 . . . . .	2100	1897 . . . . .	1800
1892 . . . . .	1100	1898 . . . . .	2500
1893 . . . . .	1800	1899 . . . . .	2600
1894 . . . . .	2200	1900 . . . . .	3200
1895 . . . . .	1800	1901 . . . . .	4200

Dazu mag bemerkt werden, daß gegenwärtig die gesamte Nickelproduktion der Welt über 10400 t beträgt, und daß Neukaledonien an derselben mit 6200 t beteiligt ist.

Die Beurteilung der Entstehungsweise aller an die kristalline Schieferformation gebundenen Nickelerzvorkommnisse der soeben beschriebenen Art muß davon ausgehen, daß dieselben — mögen sie nun im archaischen Gneise, wie in Norwegen, am Monte Rosa oder in den Vereinigten Staaten, oder in huronischen Grauwacken und Quarziten, wie in Kanada, auftreten —

1. mit recht wenigen, vielleicht nur scheinbaren Ausnahmen ganz unverkennbar geknüpft sind an Linsen von noritischen, gabbroähnlichen, dioritischen und anderen mehr oder weniger basischen Gesteinen, bzw. an Hornblendeschiefer und ähnliche metamorphe Gebirgslieder;
2. daß die Erze fast nur an der Peripherie dieser Gesteinskörper konzentriert sind, und
3. daß die Kiese zweifellos zur Zeit der Gesteinsmetamorphose vorhanden waren; dabei mögen dieselben stellenweise noch kleine Wanderungen und Umlagerungen erfahren haben, die aber ihr ursprüngliches Verhältnis zu den Gesteinen nicht wesentlich veränderten.

Die Frage nach der Herkunft der Erze fällt also im ganzen zusammen mit derjenigen nach der Entstehungsweise jener basischen Gesteine. Diese letzteren sind fast ganz allgemein als Eruptivgesteine, bzw. als metamorphe Abkömmlinge solcher betrachtet worden, indem man zweifellos Hornblendegesteine ohne nachweisbare Beziehungen zu Noriten oder Gabbros schon deshalb als regionalmetamorphe Ausbildungen solcher betrachtete, weil sie von nickelführenden Magnetkiesen begleitet sind.

Als Eruptivgesteine sind die in Rede stehenden Gesteine von Collins, Barlow, Bell, von Foullon und Walker in Kanada, von Kjerulf und besonders von Vogt in Norwegen, von Kemp in den Vereinigten Staaten bezeichnet worden; Bell, von Foullon und Vogt hielten zuerst die Erze für magmatische Ausscheidungen.

Zunächst muß festgestellt werden, daß die Beweise für die eruptive Entstehung aller jener Gesteine keineswegs erbracht sind, daß zwar der mineralogische Charakter mancher eine solche wahrscheinlich macht, daß aber die geologischen Verhältnisse vieler und die abweichende petrographische Beschaffenheit mancher eine vollkommene Aufklärung noch nicht erfahren haben.

Die Gesteine liegen fast immer linsenförmig zwischen den sie konkordant umhüllenden Schieferen; zweifellose Gänge und Apophysen derselben scheinen

noch nicht festgestellt zu sein. Ferner kommen, wie bei der Besprechung der norwegischen Lagerstätten erwähnt wurde, die Kiese auch ohne Begleitung der „Gabbros“ als derbe, der Schichtung parallele Lager oder Imprägnationszonen im Schiefer vor.<sup>1)</sup>

\* Diese Einwürfe dürfen nicht unterdrückt werden, wenn man sich nicht über das Maß unserer tatsächlichen Kenntnisse täuschen will. Die Schwierigkeiten einer richtigen Deutung regional metamorpher Gesteine und ihrer ursprünglichen, durch enormen Gebirgsdruck veränderten Lagerungsverhältnisse stellen sich auch hier in den Weg.

Manches aber weist doch darauf hin, daß die nickelführenden Magnetkiese genetisch wirklichen Eruptivgesteinen subordiniert sind. Wie eingangs bemerkt, finden sich solche Erze, mitunter gleichfalls mit Kupferkies vereinigt, im Gefolge basischer Gesteine, an deren eruptiver Entstehung gar kein Zweifel besteht. Die so oft konstatierte Vereinigung von Nickel, Kupfer und Kobalt, ferner das in Norwegen und Kanada erkannte Vorkommen von Platin, das Zurücktreten des Eisenkieses geben diesem Lagerstättentypus ein so stetiges Gepräge, daß es wohl nicht als bloßer Zufall gelten darf, wenn derselbe immer mit basischen Gesteinen auftritt, die, soweit sie trotz der Metamorphose noch erkennbar sind, gleichfalls alle Verwandtschaft miteinander besitzen. Auf allen übrigen Erzlagertstätten ist ein primärer Gehalt an den Metallen der Platingruppe fast ganz unbekannt, hier scheint er charakteristisch zu sein und auf eine enge Verwandtschaft mit den platinführenden basischsten Eruptivgesteinen, den Peridotiten, hinzuweisen.

Man wird die beschriebenen nickelführenden Magnetkies-Kupferkies-Lagerstätten mit Vogt als Ausscheidungen aus dem Magma bezeichnen dürfen. Dabei wäre dann anzunehmen,

- daß die Sulfide, im Gegensatz zu den mit ihnen und in ihnen auftretenden oxydischen Eisenerzen, sich zuletzt verfestigt haben;
- daß vielleicht eine Altersfolge zwischen den Sulfiden besteht, derart, daß der Schwefelkies das älteste, der Kupferkies das jüngste derselben wäre;
- daß bei der Kristallisation des Magmas der sulfidische Mutterlaugenrest sich an den peripheren Teilen des Eruptivstockes ansammelte, nachdem im zentralen Teile sich eine Zusammenballung der ausgeschiedenen Silikate vollzogen hatte;
- daß vor der Festwerdung der Kiese, deren Schmelzfluß oder Lösung bis dahin die Mutterlauge der Silikate bildete, ein mechanischer Zerfall des bis dahin ausgeschiedenen Silikataggregats stattfand und zu einer scheinbaren Zertrümmerung desselben führte.

Die wohl stets zu beobachtende Zerrüttung braucht keineswegs das Resultat einer mächtigeren Kraftäußerung gewesen zu sein. Ein Abbröckeln von kleinen Partien des Silikataggregats in die rückständige Mutterlauge, eine Ablösung von Nebengesteinsbrocken und -Schollen, die dann in den erstarrenden Sulfidbrei eingebettet wurden, ist als ein sehr natürlicher Vorgang denkbar. Daß aus letzterem zum Schlusse kaum mehr Silikate auskristallisiert sind, dürfte daraus

-----  
<sup>1)</sup> Bis hierher stammen die genetischen Betrachtungen von Stelzner, der übrigens dazu neigte, einen Zusammenhang zwischen einer eruptiven Entstehung der fraglichen Gesteine und dem Empordringen der Erze anzuerkennen.

hervorgehen, daß die in dem Sulfid enthaltenen Silikate scheinbar keine idiomorphe Umgrenzung zeigen, sondern immer wie Teile des körnigen Gesteins auftreten.

Zu untersuchen wäre noch, ob zum Schluß und als Folge der Kiesauscheidungen dann und wann noch eine Umwandlung der vorhandenen Silikate (z. B. des Pyroxens in Hornblende, Uralit) stattgefunden hat, und ob man die Rundung und buchtige Durchwachsung der von den Sulfiden umschlossenen Silikate wirklich als eine Anschmelzung bezeichnen darf. Wahrscheinlich ist es, daß die Einsprenglinge nur diejenige Form zeigen, welche sie in dem körnigen Gestein selbst besessen hatten; im anderen Falle müßte bewiesen werden, welche Neubildungen aus den „eingeschmolzenen“ Silikaten entstanden sind. Solche sind bisher noch nicht beobachtet worden.

Soweit die Kiese in das Nebengestein eingedrungen sind, könnte ihr Vorkommen ein Beispiel für magmatisch-injizierte epigenetische Erzgänge bilden. \*

### **Rotnickelkies gebunden an pyroxen- und chromitführende Einlagerungen in Serpentin.**

Ein solches Vorkommen beschreibt Gillmann von **Los Jarales**, etwa 35 km nordwestlich von Malaga in Spanien. In großer Verbreitung kommen in der weiteren Umgebung dieser Stadt Serpentine als Einlagerungen in den archaischen Schichten vor. Dieselben sind hervorgegangen aus Olivinpyroxengesteinen (z. B. Olivinnorit) und Dunit. Das Folgende ist wörtlich das unten bezeichnete Referat (von Krusch):

„1850 fand man im zersetzten Serpentin von Los Jarales bei Carratraca Mineralien vom Pimelith- oder Garnierittypus und später ganz ähnliche Erze in der Sierra Alpujata bei Ojen. Als infolge der Garnierit-Entdeckungen in Neu-Kaledonien der Preis des Nickels fiel, nahm die Produktion von Nickelern bei Malaga ab und hörte 1894 ganz auf . . . . Die von Gillmann unter dem Wasserspiegel vorgenommenen Versuche haben das wichtige Resultat ergeben, daß das ursprüngliche Nickelmineral Rotnickelkies ist, der in drei verschiedenen Vergesellschaftungen vorkommt, die Gillmann „Chromit-Typus“, „Augit-Typus“ und „Norit-Typus“ nennt. Der „Chromit-Typus“ (A) besteht aus rohen Kristallen oder runden Körnern von Chromeisen, die durch Rotnickelkies verkittet sind. Die einzelnen Chromitpartikelchen sind so fein, daß man sie mit bloßem Auge kaum unterscheiden kann. Dem Aussehen nach gleicht das Erz der Bronze. Es kommt in unregelmäßigen linsenförmigen Nestern und Adern in einer Mächtigkeit von wenigen Fuß bzw. 4—5 Zoll im festen frischen Serpentin vor. Der Nickelgehalt beträgt 5—20%.

„Der „Augit-Typus“ (B) ist durch dunklen grünlich-braunen Augit in prismatischen, mitunter über  $\frac{1}{2}$  Zoll langen Kristallen charakterisiert, die durch Rotnickelkies oder ein Gemenge von Rotnickelkies und Chromeisen verkittet sind.

„Unter „Norit-Typus“ (C) versteht Gillmann relativ frische, erzführende Norit- (Gabbro?) Massen im Serpentin. Es sind runde, harte, walnuß- bis straußenei-große Nester, die aus einem körnigen Aggregat von Plagioklas und Pyroxenkristallen bestehen, in und zwischen denen Körner von Nickelkies und Chromeisen auftreten. In den reichsten Stücken bildet der Nickelkies eine Grundmasse um die Silikatkristalle. Mitunter treten Rotnickelkies und Chromeisen in Bändern auf, bisweilen wird auch der größte Teil des Noritnestes vom Erz des Chromit-Typus gebildet. Meist kommen diese drei Erztypen auf besonderen Lagerstätten vor, mitunter treten sie aber auch zusammen auf. Typus A und bis zu einem gewissen Grade Typus C bilden Stockwerke von beschränkter Ausdehnung, die

<sup>1)</sup> Notes on the ore deposits of the Malaga Serpentine (Spain); Instit. of the Mining and Metallurgy, London, Januar 1896; Ref. Ztschr. f. prakt. Geol., 1897, 88—90.

auf verschiedene Sättel und Mulden des Serpentin beschränkt sind. Typus B ist in kleinen isolierten Massen und in Trümmern gefunden worden, deren Streichen wenig ausgedehnt ist, und die sich nach der Tiefe zu auszuweiten scheinen.

„Ein interessantes Vorkommen beobachtete der Verfasser im Jaraledistrikt als Kombination von Typus A und C. Es liegt hier eine innige Verwachsung von Eisen-, Kupfer-, Rotnickelkies und Chromeisen vor. Bei größerem Korn stellen sich Kristalle von Pyroxen und Plagioklas ein. In der Sierra Bermeja, nordwestlich von Benahavis treten nickel- und kupferhaltige Schwefelkiese in feiner Verteilung im Pyroxen auf, der Trümer und Nester im Serpentin bildet.“

Nach Gillmann kann der Rotnickelkies nur als magmatische Ausscheidung aus den Pyroxengesteinen angesehen werden; nach obiger Beschreibung wäre er dann die jüngste Ausscheidung des Schmelzflusses, und damit bestände eine gewisse Analogie mit den vorher beschriebenen nickelführenden Magnetkieslagerstätten. Das Muttergestein dieser Rotnickelerze ist im allgemeinen basischer als die petrographisch gleichfalls nicht ganz beständigen „Gabbros“, an welche die norwegischen und kanadischen Erze gebunden sind, unterscheidet sich von diesen auch durch seine Chromitführung. Auffällig bleibt der reichliche Arsengehalt der spanischen Vorkommnisse gegenüber der Tatsache, daß Arsen in den nickelführenden Magnetkies-Kupferkieslagerstätten allenthalben nur in verschwindenden Mengen vorkommt.

Für die Annahme, daß die hydrosilikatischen Nickelerze inmitten anderer Serpentingebiete (Frankenstein, Neukaledonien) aus Rotnickelkies entstanden sein könnten, fehlt bis jetzt der Beweis.

#### Ausscheidungen von Kupfererzen, Magnetkies, Molybdänglanz usw. aus plagioklasreichen „dioritischen“ Gesteinen.

Hier sollen die in wissenschaftlicher Hinsicht jedenfalls noch zu wenig bekannten Kupfererzlagerstätten von Klein-Namaland ihren Platz finden.

Das deutsche und das britische Südwestafrika sind sehr reich an Kupfererzen. Größtenteils scheinen dieselben auf Gängen vorzukommen. Indessen sollen gerade die wichtigsten in Britisch Klein-Namaland magmatische Ausscheidungen sein. Dieselben liegen bei **Ookiep** (Ugib), südlich der Mündung des Oranjesflusses, etwa  $29\frac{1}{2}^{\circ}$  südl. Breite, 85 km in gerader Richtung von der atlantischen Küste entfernt. Schon Daintree<sup>1)</sup> hat diese und andere Kupferlagerstätten von Namaland für eruptiv erklärt, was neuerdings Schenck<sup>2)</sup> unabhängig von ihm bestätigt hat. Die Kupfererze, nämlich vorwiegendes Buntkupfererz und etwas Kupferglanz, daneben Magnetkies und Molybdänglanz, treten als Massen von Stecknadelkopfgröße bis zu mehreren Metern Durchmesser in einem sehr plagioklasreichen „dioritischen“ Gestein (mit etwas Biotit, Hornblende und Augit) auf. Das Gestein<sup>3)</sup> bildet stockförmige Massen im Gneis. Die Kapkolonie hat 1901 etwa 6500 t Kupfer produziert; nach Schenck beträgt die Erzförderung zu Ookiep jährlich 30000 t mit einem Durchschnittsgehalt von  $27\frac{1}{2}\%$ . Die Erze werden zu Swansea in Wales verhüttet.

<sup>1)</sup> Notes on certain modes of occurrence of gold in Australia; Quart. Journ. Geol. Soc., XXXIV, 1878, Fußnote S. 434.

<sup>2)</sup> Die Kupfererzlagerstätte von Ookiep in Klein-Namaland; Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges., LIII, 1902. Verh. 64—65.

<sup>3)</sup> Aus den spärlichen Mitteilungen ergibt sich nichts über die genaueren chemischen Verhältnisse des Gesteines.

### III. Gediegene Metalle als primäre Ausscheidungen in Eruptivgesteinen.

Alle hierher gehörigen Vorkommnisse sind bisher in technischer Beziehung bedeutungslos.

#### Platin und Nickeleisen in Serpentine.

Einige der chromitführenden Serpentine und der als ihr Muttergestein zu betrachtenden Gesteine erhalten ein besonderes Interesse dadurch, daß sie aller Wahrscheinlichkeit nach primäre Lagerstätten des Platins sind. Wiewohl das Platin ausschließlich auf Seifen gewonnen wird, müssen doch die primären Lagerstätten desselben schon jetzt erwähnt werden.

Wie früher gesagt wurde, ist der Ural reich an Chromeisensteinvorkommnissen, welche stets an Serpentine gebunden sind. Solche Chromitlagerstätten sind weit verbreitet in der Gegend von Nischne-Tagilsk; bezeichnenderweise aber sind südlich dieses Ortes auch berühmte Platinseifen. Daß solcher Serpentin auch das Muttergestein des Edelmetalls sei, war von vornherein wahrscheinlich, erstlich weil Gerölle desselben auf den Platinseifen häufig vorkommen, besonders aber, weil das Metall in den Seifen nicht selten in enger Verwachsung mit Chromit auftritt.

Über das primäre Vorkommen des Platins in serpentinarartigen Gesteinen des Ural hat wohl zuerst Daubrée<sup>1)</sup> berichtet. Das Metall fand sich in Körnern und in mehr oder weniger gut ausgebildeten Kristallen neben Körnchen und Kristallen von Chromit in einem aus Serpentin, Olivin und diallagartigem Augit gebildeten Gestein. Die Beziehungen zwischen Chromit und Platin sind die innigsten. Letzteres bildet manchmal eckig-zackige Durchwachsungen in ersterem. Auf die strukturellen Ähnlichkeiten zwischen den platinführenden Olivingesteinen des Ural und gewissen Meteoriten hat gleichfalls schon Daubrée aufmerksam gemacht.

In Olivingabbros ist dann anfangs der achtziger Jahre des XIX. Jahrhunderts im Flußgebiet der Tschusowaja (Nebenfluß der Kama) primäres Platin nachgewiesen worden.<sup>2)</sup> Im Jahre 1893 hat weiterhin Inostranzew<sup>3)</sup> ausführlicher einen ähnlichen Fund aus dem Goroblagodatskischen Distrikt

<sup>1)</sup> Association, dans l'Oural, du platine natif à des roches à base de péridot; relation d'origine qui unit ce métal avec le fer chromé; Comptes rendus de l'ac. d. sciences, LXXX, 1875, 707; Ref. N. Jahrb., 1875, 540. — Des Cloiseaux; N. Jahrb., 1875, 395, und Compt. rendus, LXXX, 1875.

<sup>2)</sup> Helmhacker, Platin auf primärer Lagerstätte; Ztschr. f. pr. Geol., 1893, 87.

<sup>3)</sup> Gisement primaire de platine dans l'Oural; Compt. rendus, CXVI, 155—156; Arb. der naturf. Ges. zu St. Petersburg, XXII, Heft II, 1892, 17—27; Ref. N. Jahrb., 1894, I, 432. — Derselbe, Sur les formes du platine dans sa roche mère de l'Oural; Compt. rend., CXVIII, 1894; Ref. N. Jahrb., 1896, I, 427. — Muschkjettow, Über die primäre Platinlagerstätte im westlichen Ural; Verh. Kais. russ. min. Ges. (2), XXIX, 1892, 229—230; Ref. Ztschr. f. Krystallogr., XXIV, 1895, 505. — Meunier, Observations sur la constitution de la roche-mère du platine; Compt. rend., CXVIII, 1894, 368—369; Ref. N. Jahrb., 1896, I, 428. — Saytzew, Die Platinlagerstätten am Ural; herausgeg. von der Platingewerkschaft J. N. Burdakoff & Söhne, Tomsk 1898, 71—75. — Meunier, Étude sur la roche-mère du platine de l'Oural et sur les roches silicatées magnésiennes primitives; Compte rendu de la VII. session d. congrès géologique intern. St. Petersburg 1899, 156—174.

bei Nischne-Tagilsk beschrieben. Nach ihm ist das Muttergestein, in welchem sich am Solowiew-Berge,  $2\frac{1}{8}$  km von den Auroraschen Wäschchen, das Platin vorfindet, ein Dunit. Das Metall wurde in einem  $\frac{1}{8}$  m breiten Nest von Chromit, begleitet von etwas Serpentin und Dolomit, nachgewiesen. Die Platinkörner sind schon dem bloßen Auge sichtbar; außerdem ließ sich in dem Chromit noch ein unsichtbarer Durchschnittsgehalt von 0,0107% Platin erkennen.

Nach Saytzev sollen aber noch andere Gesteine des Ural als Muttergesteine des Platins in Betracht kommen, nämlich Porphyrite, Gabbrodiorite und Syenitgneise. Er will das daraus folgern, daß in gewissen Platinseifen die Hauptmasse der Gerölle aus solchen Gesteinen besteht, und daß sich angeblich in einem Gabbrodiorit auch einmal ein Platingehalt nachweisen ließ.

Nach Kemp<sup>1)</sup> soll am Tulmeen River in British Columbia das Platin in Pyroxeniten und in „crushed and chloritized granite“ vorkommen.

Es muß erwähnt werden, daß, soweit die Untersuchungen reichen, alles Platin, sei es aus Seifen oder aus dem Muttergestein stammend, einen durchschnittlich etwa 10% betragenden Eisengehalt besitzt.

Auch auf Borneo weist nach Daubrée<sup>2)</sup> manches darauf hin, daß Platin, Osmium, Laurit ( $\text{RuS}_2$ ) und Gold an Peridotite gebunden sind. Wenigstens herrschen in den dieselben führenden Geröllablagerungen Gabbro, Diorit und Serpentin vor, welch letzterer wieder aus Diallag, Chromit und Olivin besteht.

Eine dem Eisenplatin entsprechende Legierung ist wohl der Awaruit (Nickeleisen,  $\text{FeNi}_3$ ), der 1885 durch Skey in Plättchen und Körnern von unregelmäßiger Gestalt zusammen mit Gold, Platin, Zinnstein, Magnetit und Chromit in einem schwarzen Sand des George River auf der Südsinsel von Neuseeland entdeckt worden war und den dann später Ulrich<sup>3)</sup> auf primärer Lagerstätte in einem Peridotit und daraus hervorgegangenem Serpentin zusammen mit Chromit und Picotit ( $(\text{FeMg})(\text{Al}_2\text{Fe}_2\text{Cr}_2)\text{O}_4$ ) auffand. Die Verbreitung dieses Nickeleisens auf primärer Lagerstätte ist eine weite in den Olivin- und Serpentinegesteinen zwischen dem Cascade-River und der Awarua-Bucht an der Westküste Neuseelands (im südlichen Distrikt Otago).

Ein anderes Nickeleisen, der Josephinit ( $\text{Ni}_3\text{Fe}_2$ ), kommt nach Melville<sup>4)</sup> reichlich in manchmal bis zu 100 Pfund schweren Flußgeröllen der Josephine und Jackson Counties in Oregon vor. Die Gerölle bestehen aus serpentinischer Grundmasse, enthalten Chromit, Magnetit, Magnetkies und vielleicht etwas Bronzit mit kleinen Mengen Kobalt, Kupfer, Arsen und Chlor usw. Der Josephinit macht manchmal über  $\frac{4}{5}$  des Gewichtes aus.

In den goldführenden Sanden des Flusses Elvo bei Biella in Piemont wurden platinähnliche Körner von Eisennickel ( $\text{FeNi}_3$  bzw.  $\text{Fe}_3\text{Ni}_8$ ) gefunden, welchen Sella<sup>5)</sup> einen terrestren Ursprung zuschreibt. Awaruit samt Antigorit,

<sup>1)</sup> Notes on platinum and its associated metals; Eng. Min. Journ., LXXIII, 1902, 512—513.

<sup>2)</sup> Association du platine natif à des roches à base de péridot; imitation artificielle du platine natif magnéti-polaire; Ann. d. Mines (7), IX, 1876, 129.

<sup>3)</sup> On the discovery, mode of occurrence and distribution of the Nickel-Iron alloy Awaruite, on the West Coast of the South Island of New Zealand; Quart. Journ. Geol. Soc., XLVI, 1890, 619—632; Ref. N. Jahrb., 1892, I, 317—318. — vom Rath, Sitzungsber. niederrh. Ges., 1887, 289—291.

<sup>4)</sup> Josephinite, a new Nickel-Iron; Am. Journ. of Science, XLIII, 1892, 509—513; Ref. N. Jahrb., 1894, I, 433.

<sup>5)</sup> Sur la présence du nickel natif dans les sables du torrent Elvo près de Biella (Piémont); Compt. rendus, CXII, 1891, 171—173; Ref. N. Jahrb., 1892, I, 513.

Diallag und Magnetit soll in einem Serpentin auf dem Gipfel des Riffelhorns bei Zermatt in der Schweiz vorkommen.<sup>1)</sup>

Seit längerer Zeit und von verschiedenen Seiten, so besonders von Daubrée,<sup>2)</sup> ist auf die möglichen genetischen Beziehungen zwischen dem Eisenplatin und den Vorkommnissen von Nickeleisen einerseits und den nickelhaltigen Meteor-eisen andererseits hingewiesen worden. Die nicht metallischen Begleiter sind hier wie dort einander sehr ähnlich, teilweise sogar die gleichen — wie der Olivin, die rhombischen Pyroxene und der Chromit, und manche Meteorsteine haben die größte Ähnlichkeit mit irdischen Lherzoliten. Es hat sich ferner gezeigt, daß gerade die nickelhaltigen Magnetkiese oft gebunden sind an Gesteine mit rhombischem Pyroxen und, wie in Norwegen, mit Olivin, und daß in diesen Nickellagerstätten stellenweise auch ein Platin- und Iridiumgehalt nachzuweisen ist.

Solche Analogien aber zeigt in besonderem Grade terrestres, d. h. in irdischen Magmen gebildetes und mit diesen an die Oberfläche gefördert

### Nickelhaltiges gediegenes Eisen.

#### Literatur.

Andrews, Über die Zusammensetzung und mikroskopische Struktur gewisser basaltischer und metamorpher Gesteine; Pogg. Ann., LXXXVIII, 1853, 321—325.

Karpinsky, Wissensch.-histor. Sammlung, herausgeg. zum 100jähr. Jubil. d. Berginstituts in St. Petersburg 1873. — Lagorio, Natur der Glasbasis und der Krystallisationsvorgänge im eruptiven Magma; Tscherm. Mitt., VIII, 1887, 483. — Pfaffius, Beschreibung des sogen. Anamesit aus der Umgegend der Stadt Rowno; Pamietnik Fysyograficzny, VI, 1886, 31—54; Ref. N. Jahrb., 1888, II, — 75—79 —.

Hawes, On grains of metallic Iron in dolerites from New Hampshire; Am. Journ. of Science (3), XIII, 1877, 33.

Schwantke, Über ein Vorkommen von gediegenem Eisen in einem Auswürfling aus dem basaltischen Tuff bei Ofleiden; Centralbl. für Min. usw., 1901, 65—71.

A. E. Nordenskiöld, Über die großen Eisenmassen in Grönland; deutsch von Rammelsberg; Ztschr. d. deutsch. geol. Ges., XXIII, 1871, 738—745. — Wöhler, Analyse des Meteoreisens von Ovifak in Grönland; K. Gesellsch. d. Wissensch. zu Göttingen, 1872, 197—204; Ref. N. Jahrb., 1872, 531—533. — Daubrée, Untersuchung der Gesteine mit gediegenem Eisen von Grönland; Comptes rendus, LXXIV, 1872, 1542, LXXV, 1872, 240. — Observations sur la structure intérieure d'une des masses de fer natif d'Ovifak; ebenda LXXXIV, 1877, 66; Ref. Ztschr. f. Krystallogr., I, 1877, 89—90. — Sur les roches avec fer natif du Groenland; Bull. soc. géol. de France (3), V, 1877, 111. — Tschermak, Der Eisenfund bei Ovifak in Grönland; Tscherm. Min. Mitt., 1871, 109—112. — Ders., Der Meteoritenfund bei Ovifak in Grönland; ebenda 1874, 165—174. — Nauckhoff, Über das Vorkommen von gediegenem Eisen in einem Basaltgange bei Ovifak in Grönland; ebenda 109—136. — Lemberg, Ztschr. d. deutsch. geol. Ges., XXIX, 1877, 506. — Steenstrup, Om de Nordenskiöldske Jaernmasser og om Forekomster af gedigen Jaern i Basalt; Wissensch. Mitt. d. naturh. Ver. in Kopenhagen, 1875, No. 16—19; Ref. N. Jahrb., 1877, 91. — Steenstrup und Lorenzen, Om förekomsten af Nikkeljern med Widmanstättenske Figurer i Basalten i Nord-Grönland; Meddelelser om Grönland, IV, Kopenhagen 1882; Ref. N. Jahrb., 1884, II,

<sup>1)</sup> Miss E. Aston and Bonney, On an alpine nickelbearing serpentine, with fulgurites; Quart. Journ. Geol. Soc., LII, 1896, 452—460; Ref. N. Jahrb., 1898, I, — 55 —.

<sup>2)</sup> Comptes rendus de l'ac. d. sciences, LXII, 1866, 29. Janv.: Ref. N. Jahrb. 1866, 738—739.

— 364—365 —. — Daubrée, *Experimentalgeologie*, deutsch v. Gurlt, 435—453. — Törnebohm, *Über die eisenführenden Gesteine von Ovifak und Assuk in Grönland*; *Bihang Vet. Akad. Handl.*, V, 1878, No. 10; *Ref. N. Jahrb.*, 1879, 173—175. — Lawrence Smith, *Remarques sur le fer natif d'Ovifak en Groenland et la roche basaltique qui le contient*; *Bull. soc. min. de France*, 1878, Bull. 6; *Ref. N. Jahrb.*, 1879, 625—626. — Ders., *Mémoire sur le fer natif du Groenland et sur la dolérite qui le renferme*; *Ann. de chim. et de phys.* (5), XVI, 1879. — Meunier, *Recherches expérimentales sur les grenailles métalliques des météorites sporadosid res*; *Comptes rendus de l'ac. d. sciences*, LXXXIX, 794; *Ref. N. Jahrb.*, 1879, 906—907. — Ders., *R production artificielle du fer carburé natif du Groenland*; ebenda 924; *Ref. N. Jahrb.*, 1880, I, — 47 —. Nathorst, *Till fraagan om det gedigna jernets f rekomst i basalten paa Gr nlands vestkust*; *Geol. F ren. i Stockholm Förh.*, IV, 1879, 203—207; *Ref. N. Jahrb.*, 1880, I, — 214 —. — Rosenbusch, *Mikroskopische Physiographie der massigen Gesteine*, II. Bd., III. Aufl., 1896, 1021—1022. — Winkler, *Über die Möglichkeit der Einwanderung von Metallen in Eruptivgesteine unter Vermittlung von Kohlenoxyd*; *Ber. d. math. phys. Cl. k. sächs. Ges. d. Wiss.*, LII, 1900, 9—16; *Ref. Centralbl. f. Min. etc.*, 1900, 160—161. — Hintze, *Handbuch der Mineralogie*, I, 1898, 164—166, 168—169, Lit. — Karten von der Insel Disko gaben Rohde und Steenstrup, *Peterm. Mitt.*, XX, 1874, Tafel 7, und Hammer und Steenstrup, ebenda XXIX, 1883, Tafel 5.

Die Zahl der Mitteilungen über Funde gediegenen Eisens ist keine geringe. Mißtrauen verdienen zunächst alle Nachrichten über Vorkommnisse in lockeren, mehr oder weniger verlagerten Geröllmassen, Grus, Ackererde usw., wie überhaupt im nicht anstehenden Gestein. Solche Eisenfunde können entweder Meteorite sein und sind mit großer Wahrscheinlichkeit solche, wenn sie einen Nickel- und Phosphorgehalt und die Widmannst ttenschen Figuren zeigen. Außerdem können sie vom Menschen dorthin verschleppt und Kunsterzeugnisse sein. So kommen in den Goldw schen von Ohl pian in Siebenb rten Eisenpartikel vor, die von den Gerätschaften der Goldwäscher herkommen.<sup>1)</sup>

Gediegenes Eisen ist zweifellos in manchen Basalten enthalten. In Dünnschliffen kann es nachgewiesen werden durch Behandlung der unbedeckten Fläche mit Kupfervitriol, wobei sich auf dem Eisen ein Häutchen von metallischem Kupfer niederschlägt. Auch das Pulver solchen eisenhaltigen Basalts scheidet aus dem Kupfervitriol gediegenes Kupfer aus; selbstverständlich darf das Gestein dann nicht im eisernen Mörser zerkleinert worden sein.

Den ersten Nachweis kleiner Mengen gediegenen Eisens im Basalt von Antrim in Irland hat Andrews geliefert. Im Basalt von Rowno in Volhynien erkannte Karpinsky das Metall in winzigen Körnchen; aus dem „Dolerit“ des Mount Washington in New Hampshire hat Hawes gediegenes Eisen erwähnt. Ein merkwürdiges Vorkommen von gediegenem Eisen in einem basaltischen Auswürfling von Ofleiden in Hessen beschrieb Schwantke.

Solche Vorkommnisse stehen aber an Bedeutung hinter den berühmten Funden terrestren Eisens auf Grönland weit zurück. Dasselbe ist übrigens tatsächlich einmal technisch verwertet worden, indem es den Eskimos das Material zu ihren primitiven Messern usw. gegeben hat. Der hauptsächlichste Fundort liegt bei Uifak (Ovifak) auf der Insel Disko an der Westküste von Grönland.

1819 hatte schon Kapitän James Ro  das Vorkommen von Eisen auf Grönland konstatiert. Die Eskimos benutzten das Metall zur Herstellung von Werkzeugen und Messern. Erst 1870 fand Nordenskiöld zu Uifak kolossale Blöcke von gediegenem Eisen. An der Westküste Gr nlands kennt man zwischen

<sup>1)</sup> Lit. bei Hintze, *Handbuch der Mineralogie*, I, 162.

dem 69. und 76. Breitengrad große Basaltgebiete, die weiterhin unter dem Inlandeis verschwinden. In einem solchen Basaltgebiet kamen jene Eisenblöcke vor, deren größter etwa 2 m Durchmesser und ein Gewicht von 21000 Kilo besitzt, während ein kleinerer 8000 Kilo wiegt. Diese samt etwa 700 Kilo kleinerer Eisenstücke hat im Jahre 1871 die schwedische Regierung in das Stockholmer Reichsmuseum schaffen lassen.

Von den zahlreichen an dem Eisen vorgenommenen Analysen seien nur die folgenden angeführt:<sup>1)</sup>

	Fe	Ni	Co	Cu	S	C	SiO <sub>2</sub>	Unlös.
I. Großer Block (Nordenskiöld)	84,49	2,48	0,07	0,27	1,52	10,16	Spur	0,05
II. Kleiner Block (Nordström bei Nordenskiöld)	86,34	1,64	0,35	0,19	0,22	3,71	0,66	4,37
III. Kleine Eisenmasse im Basalt, auf welchem die großen I und II lagen (Lindström)	93,24	1,24	0,56	0,19	1,21	2,37	0,59	
IV. Desgl. (Jannasch bei Wöhler)	80,64	1,19	0,47	—	2,82	3,69	0,08	—
In I. außerdem	0,04 MgO,	0,20 P,	0,72 Cl,	Spuren von Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , CaO, K <sub>2</sub> O, Na <sub>2</sub> O.				
" II. "	0,24 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ,	0,48 CaO,	0,29 MgO,	0,07 K <sub>2</sub> O,	0,14 Na <sub>2</sub> O,	0,07 P,	1,16 Cl.	
" III. "	0,08 K <sub>2</sub> O,	0,12 Na <sub>2</sub> O,	0,03 P,	0,16 Cl,	Spur MgO.			
" IV. "	0,15 P,	11,09 O.						

Das Eisen zeigt schöne Widmannstättensche Figuren und wurde auch aus diesem Grunde anfangs von Nordenskiöld, Daubrée u. a. für Meteoreisen gehalten. Später fand dann Steenstrup an der Nordseite der Insel Disko bei Asuk (am Weigattfjord) in einem Basalte kleine 0,1–0,5 mm große Körnchen von gediegenem Eisen, ferner plattenförmige, linsenförmige und dendritische Eisenmassen im Basalt von Uifak und entnahm daraus, daß das Uifakeisen tatsächlich tellurischen Ursprungs sei und ein Bestandteil des Basaltes sein müsse.

Die eisenführenden Gesteine von Disko sind mehr oder weniger hypersthenführende Basalte mit einem merkwürdigen Gehalt an Graphit und Spinell; das gediegene Eisen hat an den zahlreichen Orten seines Vorkommens ganz verschiedene Eigenschaften, ähnelt bald dem kohlereichen Gußeisen, bald dem kohlearmen, hämmerbaren Schmiedeeisen. Manchmal ist es von Magnetkies begleitet.

Wenn man auch gegenwärtig weiß, daß das Diskoeisen einem tellurischen Magma angehört, so sind doch die näheren Umstände seiner eigentlichen Entstehung noch nicht klargestellt, verschiedene Ansichten stehen sich da gegenüber. Lemberg glaubte an eine Dissoziation des in dem Basaltmagma enthaltenen Wassers und an eine Reduktion von Eisensilikat durch den entstehenden Wasserstoff; Lawrence Smith wies auf die Nachbarschaft von Braunkohlenflözen hin und nahm eine Reduktion von Eisenoxyden und -Silikaten, sowie eine Durchkohlung des Eisens infolge des Durchbruchs der Basalte durch jene Kohlenflöze an.<sup>2)</sup> Ähnlich äußerten sich Nathorst und Törnebohm, während Meunier glaubte, das Eisen könne von Massen gediegenen Eisens im Erdinnern losgerissen worden sein.

<sup>1)</sup> Eine Zusammenstellung der Analysen findet sich in Hintzes Handbuch der Mineralogie, I, 169.

<sup>2)</sup> Ein interessanter Fall der Reduktion von Blackbänderzen durch einen Flözbrand ist bekannt von Edmonton am Nord-Saskatchewan River in Kanada. — Dana, Mineralogy, 1892, 29. Siehe auch Allen, Native Iron in the Coal Measures of Missouri; Amer. Journ. of Sc., CLIV, 1897, 99–104; Ref. N. Jahrb., 1899, I, — 85–86 —.

Eine andere Erklärung für das Auftreten des Eisens im Basalt hat Winkler versucht. Er erinnert daran, daß sich bei Temperaturen von etwa  $80^{\circ}$  das Kohlenoxydgas mit Nickel und Eisen zu beladen vermag, indem es mit denselben Verbindungen  $\text{Ni}(\text{CO})_4$ , bzw.  $\text{Fe}(\text{CO})_5$  und  $\text{Fe}_2(\text{CO})_7$  bildet, die bei höherer Temperatur wieder zerfallen. Schon bei über  $80^{\circ}$  geht das  $\text{Fe}_2(\text{CO})_7$  in  $\text{Fe}(\text{CO})_5$  über, letzteres zerfällt dann bei noch weiterem Erhitzen in reines Eisen und Kohlenstoff. Überschreitet die Temperatur  $350^{\circ}$ , so bildet sich stark kohlehaltiges Eisen. Winkler nimmt an, daß solche Metallkarbonyle mit dem sich abkühlenden Basalt bei einer Temperatur über  $350^{\circ}$  zusammengetroffen seien. Der Ursprung jener Gase würde aber rätselhaft bleiben, wenn man nicht vielleicht annehmen dürfte, daß auch bei anderen Temperaturen als bei  $80^{\circ}$  und bei gleichzeitig hohen Drucken dieselben bildungs- und bestandfähig sein könnten.

### Ausscheidungen von gediegenem Kupfer in basischen Eruptivgesteinen.

Solche Vorkommnisse sind zum mindesten selten.

Als eine magmatische Ausscheidung aus Gabbro möchte Lotti<sup>1)</sup> das gediegene Kupfer von Monte Acuto bei **Pari** (in der toskanischen Provinz Grosseto) auffassen. Das Muttergestein ist ein feldspatreicher, saussuritisiertes Gabbro mit wenig Diallag; es scheint ziemlich stark verändert zu sein, wie sich aus dem Gehalt an Skapolith und Epidot ergibt. Gänge (oder Schlieren?) dieses feldspatreicheren Gesteines liegen, unter sich ungefähr parallel, eingebettet in einem diallagreicheren Gabbro und enthalten rundliche und scheibenförmige, lamellen- oder moosförmige Einschlüsse von gediegenem Kupfer, manchmal von einigen Zentimetern Durchmesser. Das Kupfer ist fast immer umhüllt von Rotkupfererz, manchmal auch begleitet von Eisenoxyd; da es aber auch in mikroskopischen Partikelchen teilweise ohne solche Oxyde, welche auf eine Herkunft von Sulfiden hindeuten könnten, durch das Gestein zerstreut ist, so hält Lotti das Kupfer für die primäre Ausscheidung des Gesteines. Übrigens enthält auch der diallagreichere Gabbro da und dort Kupferglanz eingesprengt.

### Primäres Gold in Eruptivgesteinen.

Mehrfach wird von einem primären Goldgehalt sowohl in sauren wie in basischen Eruptivgesteinen berichtet. Es soll dann das Metall entweder metallisch oder in Form goldhaltigen Pyrits, seltener in Kupferkies vorhanden und in feinsten Verteilung in dem Gestein eingewachsen sein. Erst bei der Verwitterung entsteht dann Freigold, das sich in Seifen konzentrieren oder durch Lateral-Sekretion auf Gänge wandern soll. Die ursprüngliche Art des Auftretens hat wohl nie eine technische Bedeutung. Zudem ist es häufig fraglich, ob nicht das Gold von den Gängen aus erst in das Eruptivgestein eingewandert ist. In manchen Fällen dürfte endlich noch zu entscheiden sein, ob man es wirklich mit Eruptivgesteinen zu tun hat.

Als goldhaltig werden sowohl quarzfreie wie quarzhaltige, alte und junge Eruptivgesteine erwähnt.

Bei Jekaterinburg im Ural führt der Grus eines unweit der Stadt anstehenden Granits 1 g Gold pro Tonne, die Porphyrite sollen sogar 10 g enthalten.<sup>2)</sup> Nach Helmhacker<sup>3)</sup> besitzen auch Diorite und Serpentine in der Nähe von Miask einen primären Goldgehalt. — Der Diallag-Peridotit der Poliakovskischen Berge am Westabhang des Urals enthält nach Tschers-

<sup>1)</sup> Un giacimento di rame nativo presso Pari; Rassegna mineraria, XI, 1899, 12. — Ders., Depositi dei minerali metalliferi, 30—31.

<sup>2)</sup> Reisenotizen von Berg eat.

<sup>3)</sup> Über das Vorkommen des Goldes in Dioriten und Serpentin; Österr. Ztschr. f. Berg- u. Hüttenw., XXVIII, 1880, 97—99, 110—113, 127—128, 142—144, 155—156.

nyschew<sup>1)</sup> Gold. Dieses soll im frischen Gestein nicht sichtbar, sondern in den Bisilikaten enthalten sein und erst im serpentinierten Gestein als Freigold in feinsten Verteilung erscheinen. Der wichtigste Ort dieses Vorkommens ist Kamyschak. — Auch über Gold in Orthoklasgesteinen des südlichen Ural wird berichtet.<sup>2)</sup>

Nach Daintree,<sup>3)</sup> Wilkinson und Ulrich soll es in Ostaustralien mehrfach goldführende Eruptivgesteine geben; so nach Ulrich einen Granit mit goldhaltigem Pyrit zu Bowenfels und Hartley in Neu-Südwesten, goldführende paläozoische Diorite und Felsite in Queensland, Neu-Südwesten und Viktoria. Daintree führt wenigstens in mehreren Fällen Gründe zur Stütze seiner Angaben an; mittelst des Mikroskops zeigte sich z. B. manchmal eine innige Verwachsung des goldführenden Kieses mit den primären Gesteinselementen; der Kiesgehalt wäre nach ihm gleich alt mit der Verfestigung des Muttergesteines und nicht etwa auf Imprägnation zurückzuführen.

Ein primäres Vorkommen von Gold in einem Granit (aus Mexiko?) glaubte Merrill<sup>4)</sup> aufgefunden zu haben. Das Edelmetall kommt in kaum millimetergroßen Plättchen im Glimmer und scheinbar („apparently“) auch im Quarz und Feldspat vor. Sulfide sind nicht zugegen und ebenso fehle jedes Anzeichen einer Imprägnation, so daß Merrill das Gold für eine primäre Ausscheidung aus dem Granitmagma halten möchte. Auch Blake<sup>5)</sup> ist der Ansicht, daß viele, besonders granitische Gesteine einen primären Goldgehalt besäßen, der dann durch Lateral-Sekretion in die Klüfte wandere, während v. Richthofen<sup>6)</sup> für den Goldgehalt des Granits von Cisco in Kalifornien eine von Klüften ausgehende Imprägnation annimmt. Beweise für eine primäre Natur des Goldes in den von ihm zitierten Beispielen bringt Blake nicht.

Nach Shepard<sup>7)</sup> findet sich Gold in umgewandelten Bronzit-Peridotgesteinen zu Havanna.

Gold in brasilianischen Graniten erwähnt Suß;<sup>8)</sup> in Dünnschliffen chilenischer Obsidiane und Quarztrachyte hat Möricke<sup>9)</sup> Goldfitterchen gesehen, welche nach seiner Ansicht nur primäre Gesteinsausscheidungen sein können.

Über ein goldführendes Gestein von Otjimbingue im Swarhaub, Damara-land, berichtete Scheibe.<sup>10)</sup> „Es ist ein frischer Olivinfels, wesentlich aus Olivin, Angit, Magnetisen bestehend, neben denen Granat, Zirkon, Quarz, Gold

<sup>1)</sup> Nutzbare Mineralien am Westabhange des Centralural; ebenda XXXVIII, 1890, 12.

<sup>2)</sup> Tschernyschew, Protokoll der Sitzung der Kais. Min. Ges., 16. Febr. 1888, 17; Ref. N. Jahrb., 1891, II, — 10 —.

<sup>3)</sup> Note on certain modes of occurrence of gold in Australia; Quart. Journ. Geol. Soc. XXXIV, 1878, 431—438. — Daintree zitiert die beiden folgenden. — Siehe auch bei Phillips-Louis, Ore deposits, 2. Aufl., 1896, 649 und den unten zitierten Aufsatz von Blake, 297.

<sup>4)</sup> An Occurrence of Free Gold in Granite; Am. Journ. of Science (4), I, 1896, 309.

<sup>5)</sup> Gold in Granite and plutonic Rocks.; Trans. Am. Inst. Min. Eng., XXVI, 1896, 290—298.

<sup>6)</sup> Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges., XXI, 1869, 738—739.

<sup>7)</sup> Zitiert von Daubrée in Association du platine natif à des roches à base de péridot; imitation artificielle du platine natif magnéti-polaire; Ann. d. Mines (7), IX, 1876, 123—143.

<sup>8)</sup> Zukunft des Goldes, 1877, 111.

<sup>9)</sup> Einige Beobachtungen über chilenische Erzlagerstätten und ihre Beziehungen zu Eruptivgesteinen; Tscherm. Min. Petrogr. Mitt., XII, 1891, 186—198, besond. 195.

<sup>10)</sup> Ztschr. d. deutsch. geol. Ges., XL, 1888, 611.

auftreten. Letzteres zeigt sich in gut sichtbaren, zackigen Massen. Adern von Kieselkupfer durchziehen das Gestein. In einer Durchschnittsprobe des vorliegenden Materials wurde der Goldgehalt zu 0,117% bestimmt.<sup>4</sup>

G. F. Becker<sup>1)</sup> und Arzruni glaubten in einem Diamanten von Kimberley gediegenes Gold als Einschluß zu sehen.

Alle Angaben über eine primäre Goldführung in Eruptivgesteinen gewinnen selbstverständlich erst an Wert durch eine kritische Dünnschliffuntersuchung.

#### IV. Ausscheidungen von Halogenverbindungen und Sauerstoffsalzen in Eruptivgesteinen.

Abgesehen von den Phosphaten der seltenen Erden (z. B. Monazit), deren technisch wichtige Lager dem Seifengebirge angehören, ist die Zahl der Lagerstätten solcher Salze nur klein. Der grönländische Kryolith und ein unbedeutendes Apatitvorkommen sollen nachstehend besprochen werden.

##### Kryolith.

$(\text{Na}^6\text{Al}^2\text{Fl}^{12} = 6 \text{NaF} + 2 \text{AlFl}^3$ , mit 32,79 Na, 12,85 Al und 54,36 Fl.)

Hauptfundort des Kryoliths ist **Ivigtok** (Ivigtit) an der Südseite des Arksut-Fjords in Süd-Grönland, ungefähr 30 Meilen von der Kolonie Juliashaab entfernt und hart an der Meeresküste. Ende des XVIII. Jahrhunderts ist das Vorkommen durch Grönlandfahrer bekannt geworden (1795).

Nach Johnstrup (1883) wird dort grauer Gneis durchbrochen von einem Granitstock, der gleichsam als Kern die Kryolithmasse beherbergt. Das Mineral ist ausschließlich an das Eruptivgestein gebunden. Die Kryolithmasse zerfällt in eine zentrale Partie, welche 500 Fuß lang und 100 Fuß breit ist und akzessorisch und in unregelmäßiger Verteilung auch Quarz, Siderit, Bleiglanz, Zinkblende, Eisen- und Kupferkies enthält, — und in eine peripherische Schale, welche scharf von ersterer getrennt ist. Die letztere geht dagegen allmählich über in den Granit, erreicht eine Dicke von wenigen bis zu 100 Fuß und enthält als hauptsächliche akzessorische Gemengteile Quarz, Mikroklin und Ivigtit (ein dem Gilbertit ähnliches Natrontonerdesilikat), ferner die vorhin genannten Mineralien der zentralen Partie neben Flußspat, Zinnerz, Molybdänglanz, Arsenkies und Columbit. Der Granit, welcher zahlreiche Bruchstücke von Gneis und Grünstein umschließt, ist prismatisch in der Weise abgesondert, daß die Verlängerungslinien der Granitsäulen gegen die zentrale Kryolithmasse konvergieren. Die Kryolithpartie wird von Johnstrup als eine gleichzeitige konkretionäre Ausscheidung innerhalb des eruptiven Granits betrachtet. Auf Klüften beobachtet man jüngere Kryolithkristalle und als weitere sekundäre Bildungen Pachnolith und Thomsenolith (beide  $\text{AlFl}^3 \cdot \text{NaCaFl}^3 \cdot \text{H}^2\text{O}$ ), Ralstonit ( $3 \text{Al}(\text{Fl}, \text{OH})^3 \cdot (\text{Na}^2, \text{Mg}) \text{Fl}^3 \cdot 2 \text{H}^2\text{O}$ ) und den einen unreinen Thomsenolith darstellenden „Hagemannit“.<sup>2)</sup> Die Grönländer nennen den Stein wegen seiner Ähnlichkeit mit Seehundsspeck („Orsok“) „Orsugisat“.<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> XVI. Ann. Rep. U. S. Geol. Surv., 1884—1885, part. III, 272.

<sup>2)</sup> An der Entstehung des Kryoliths und der ihn begleitenden Mineralien haben sicherlich auch pneumatolytische Prozesse mitgewirkt. Siehe darüber das S. 23, Fußnote 2 über das Zinnerz von Dakota Gesagte.

<sup>3)</sup> Die Schilderung des Kryolithvorkommens von Ivigtok ist Zirkels Petrographie, 2. Aufl., III, 1894, 444, entnommen, welcher der Bericht Johnstrups (Förh. vid de

Das Grönländer Kryolithvorkommen wird seit 1854 steinbruchsmäßig abgebaut. Bis 1901 sind 307731 t gefördert worden. 1901 betrug die Produktion 8125 t, 5089 t wurden nach Amerika, 2954 t nach Europa exportiert. Die Höchstproduktion fällt in das Jahr 1897 (13361 t).<sup>1)</sup>

Der grönländische Kryolith war längere Zeit das wichtigste Aluminiumerz und dient nebenbei der Sodafabrikation. Gegenwärtig findet er noch Verwendung zur Aluminiumdarstellung, zur Bereitung von Opalglas und von Emaille für Eisenwaren.

### Apatithaltiger Trachyt.

Am Cabo de Gato im südöstlichen Spanien und zwar besonders an einem kleinen Hügel bei Jumilla tritt über eine Fläche von 22 ha verbreitet ein Trachyt auf, der so reich ist an gelben oder lichtgrünen Kristallen von Apatit, daß sein mittlerer Phosphatgehalt 15% (überhaupt 7—30%) beträgt. Da außerdem ein Kaligehalt von 8—10% vorhanden ist, wird das Gestein aufbereitet und als Düngemittel benutzt.<sup>2)</sup>

Die an Gabbros gebundenen Apatitvorkommnisse von Skandinavien und Kanada, welche in mancher Beziehung den Zinnerzgängen entsprechen, sind aus den gleichen Gründen wie diese letzteren unter den Gängen behandelt worden.

## Anhang.

### Diamanten in Peridotit.

#### Literatur.

Adler, Diamanten in Südafrika; Verh. k. k. geolog. Reichs-Anst., 1869, 351. — Südafrikanische Diamanten; Ref. von H. B. Geinitz, N. Jahrb., 1871, 767.

Stowe, Diamantenführende Ablagerungen des Vaalfusses im südlichen Afrika; Quart. Journ. Geol. Soc. XXVIII, 1872, 3—21, und Shaw, Geologie der Diamantfelder von Südafrika; ebenda 21—28; Ref. N. Jahrb., 1872, 331—333.

Cohen, Briefliche Mitteilung; N. Jahrb., 1872, 857—861. — Ders., Briefl. Mitt.; ebenda 1873, 52—56. — Ders., Briefl. Mitt.; ebenda 150—155. — Ders., Über einen Eklogit, welcher als Einschluß in den Diamantengruben von Jagersfontein vorkommt; ebenda 1879, 864—869. — Ders., Über Capdiamanten; ebenda 1881, I, 184. — Ders., Über Einschlüsse in südafrikanischen Diamanten; ebenda 1876, 752—753. — Ders., Über die südafrikanischen Diamantfelder; V. Jahresber. d. Ver. f. Erdkunde zu Metz, 1882; Ref. N. Jahrb., 1884, I, — 318—320 —.

Dunn, On the mode of occurrence of diamonds in South Africa; Quart. Journ. Geol. Soc. XXX, 1874, 54—60. — Entgegnung darauf von Cohen; N. Jahrb., 1874, 514—515.

Maskelyne and Flight, On the character of the diamantiferous rock of South Africa; Quart. Journ. Geol. Soc. XXX, 1874, 406—417.

skand. naturforskarnes 12te möte i Stockholm, 1883, 234 zugrunde liegt. Weitere Litteratur bei Zirkel.

<sup>1)</sup> Berg- und Hüttenmännisches usw. von der Kopenhagener Weltausstellung im Jahre 1888; Berg- u. Hüttenm. Ztg., XLVIII, 1889, 105. — Ussing, Mineralproduktionen i Danmark ved Aaret, 1900; Danmarks geologiske Undersøgelse, II. Raekke, No. 12, 1902, 97—101.

<sup>2)</sup> Fuchs et de Launay, Gites minéraux, I, 327.

Dunn, On the diamondfields of South Africa with observations on the goldfields and cobalt mine in the Transvaal; ebenda XXXIII, 1877, 879. — Ders., On the diamondfields of South Africa; ebenda XXXVII, 1881, 609—612.

Chaper, Sur les mines de diamant de l'Afrique australe; Bull. d. l. Soc. minér. d. France, II, 1879, 195—197.

Friedel, Sur les minéraux associés au diamant dans l'Afrique australe; ebenda 197—200.

Jannetaz, Observations sur la communication de M. Chaper; ebenda 200—201.

Fouqué et Michel-Lévy, Note sur les roches accompagnant et contenant le diamant dans l'Afrique australe; ebenda 216—228; Ref. von Cohen über die letztgenannten vier Arbeiten N. Jahrb., 1881, I, — 6—10 —.

Döll, Zum Vorkommen des Diamants im Itacolumite Brasiliens und in den Kopjen Afrikas; Verh. k. k. Reichs-Anst., 1880, 78—80.

A. Sjögren, Om Diamantfalten i Syd-Afrika; Geol. Fören. Förh., VI, 1882—83, 10—27.

Hudleston, On a recent Hypothesis with respect to the diamond rock of South Africa; Min. Magaz., V, 1883, 199—210; Ref. N. Jahrb., 1885, I, — 209—210 —.

Mouille, Mémoire sur la géologie générale et sur les mines de diamants de l'Afrique du Sud; Ann. d. Mines (8), VII, 1885, 193—348; Ref. N. Jahrb., 1886, II, — 52—55 —.

Carvill Lewis, On a diamantiferous peridotite and the genesis of the diamond; Geol. Mag. (3), IV, 1887, 22—24. — Ders., The matrix of the diamond; Abstract of a paper read at the Manchester Meeting of the British Association, sept. 5., 1887; Ref. N. Jahrb., 1888, I, — 253—255 — (Cohen). — Ders., Papers and notes on the genesis and matrix of the diamond; herausgeg. von Bonney, London 1897; Ref. N. Jahrb., 1899, I, — 66 —.

G. F. Williams, The diamond mines of South Africa; Transact. Am. Inst. Min. Eng., XV, 1887, 392—417.

Winklehner, Die Diamantfelder Südafrikas, nach G. Williams, Mouille u. a.; Österr. Ztschr. f. Berg- u. Hüttenw., XXXV, 1887, 559—562, 570—572.

Knop, Beitrag zur Kenntnis der in den Diamantfeldern von Jagersfontein vorkommenden Mineralien und Gesteine; Ber. über die XXII. Vers. d. oberrh. geol. Ver., 1889, 11—25; Ref. N. Jahrb., 1890, II, — 97 —.

Daubrée, Expériences sur les actions mécaniques exercées sur les roches par des gaz douées de très fortes pressions et de mouvements très rapides; Compt. rendus, LXI, 1890, 768—857; Ref. N. Jahrb., 1891, II, — 421—422 —. — Zeitschr. f. prakt. Geol., 1893, 284—295, nebst Bemerk. von Stapff.

Knochenhauer, Die Diamant-Gruben von Kimberley in Südafrika; Ztschr. f. Berg-, Hütten- u. Sal.-Wesen, XXXIX, 1891, 261—282.

Luzi, Über künstliche Korrosionsfiguren am Diamanten; Ber. d. deutsch. chem. Ges., XXV, 1892, 2470—2472.

Chaper, Observations à propos d'une note de Mr. Daubrée; Bull. soc. géol. de France (3) XIX, 1891, 943—952; Ref. N. Jahrb., 1893, I, — 84 —.

Reunert, Diamond mines of South Africa, London 1892. — Ders., Diamonds and Gold in South Africa, London 1893.

Stelzner, Die Diamantgruben von Kimberley, Isis 1893; danach Ztschr. f. prakt. Geol., 1894, 153—157.

Molengraaff, Beitrag zur Geologie der Umgegend der Goldfelder auf dem Hoogeveld in der südafrikanischen Republik; N. Jahrb., Beil.-Bd. IX, 1894—95, 174 bis 291, bes. 277.

Stone, Bonney and Miss Raisin, Notes on the diamond bearing rock of Kimberley; Geol. Mag., 1895, 492—502; Ref. N. Jahrb., 1896, II, — 439—440—.

De Launay, Sur les roches diamantifères du Cap et leurs variations en profondeur; Compt. rendus, CXXV, 1897, 335—337; Ref. N. Jahrb., 1898, II, — 384—.

Gürich, Zur Theorie der Diamantlagerstätten in Südafrika; Ztschr. f. prakt. Geol., 1897, 145—148.

Molengraaff, The occurrence of diamonds on the farm Rietfontein; Ann. Rep. of the State Geologist, Johannesburg 1898, 144—145; Ref. Ztschr. f. prakt. Geol., 1900, 331—332; Berg- u. Hüttenm. Ztg., LIV, 1900, 42.

Bonney, The parent-rock of the diamond in South Africa; Proc. Roy. Soc., LXV, 1899, 223—236. — Ders., Additional Notes on boulders and other rock specimens from the Newlands diamond mines, Griqualand West; ebenda LXVII, No. 441, 5. Febr. 1901, 475 ff.

Beck, Die Diamantlagerstätte von Newland in Griqualand West; Ztschr. f. pr. Geol., 1898, 163—164. — Ders., Neues von den afrikanischen Diamantlagerstätten; ebenda 1899, 417—419.

Crookes, Diamonds, A lecture delivered at The Royal Institution, June 11., 1897.

Heneage, The phenomena of the diamondiferous deposits in South Africa; Mining Journ. (London), 29. XI. 1902.

M. Bauer, Edelsteinkunde, 1896, 208—250.

Schmeisser, Die nutzbaren Bodenschätze der deutschen Schutzgebiete; Vortrag auf dem deutschen Kolonialkongreß zu Berlin, 1902. — Danach Macco, Ztschr. f. prakt. Geol., XI, 1903, 193.

Mündliche und schriftliche Mitteilungen der Herren G. Williams, G. Trübenbach und W. Graichen an A. Bergeat. — Eine hübsche Darstellung enthielt auch die Weihnachtsnummer des „Diamond Fields Advertiser“ zu Kimberley, 1898 (verfaßt von Lawn).

Zur Untersuchung diente das reichliche Material der Clauenthaler Bergakademie.

Das Auftreten von Diamanten in Serpentin schließt sich aufs engste an das des Chromits, Platins und Eisens an. Man kennt diese Art des Vorkommens mit Sicherheit bisher nur von verschiedenen, zum Teil sehr weit voneinander entfernten Orten Südafrikas. Das eigentliche afrikanische Diamantland ist West-Griqualand, das seit 1880 zur Kapkolonie gehörige, westlich an den Oranje-Staat angrenzende, vom Unterlauf des Vaal durchströmte Gebiet. Das Zentrum desselben bildet jetzt die junge Stadt **Kimberley** (28° 43' südl. Breite, 24° 16' östl. Länge von Greenwich, 1232 m ü. d. Meer). Das Gebiet ist ein unfruchtbares, 1200—1500 m hoch gelegenes Plateau, dessen Untergrund die Schichten der Karooformation (Carbon oder Perm und Trias), Sandsteine und Schiefertone, mit zahlreichen Lagen von Diabas und Melaphyr, bilden. Als jüngere Ablagerungen bedecken den Boden noch etwa 2 m mächtige diluviale Kalktuffe, welche nach Cohen die Absätze diluvialer Seen darstellen, und endlich noch eine geringe Sandschicht.

Im Alluvium des Oranje-Flusses hatte man 1867 bei Hopetown, nahe der Mündung desselben in den Vaal, den ersten Diamanten gefunden. Späterhin waren solche Funde auch im Tal des Vaal gemacht worden, und es entwickelten sich dort Diamantwäschereien, deren Mittelpunkt noch heute Barkly, 37 km NNW. von Kimberley, darstellt („River diggings“).

Aber schon 1870 entdeckte man die primäre Lagerstätte jener Diamanten, deren Ausbeutung („Dry diggings“) die der Flußwäschereien alsbald beträchtlich übertreffen sollte.

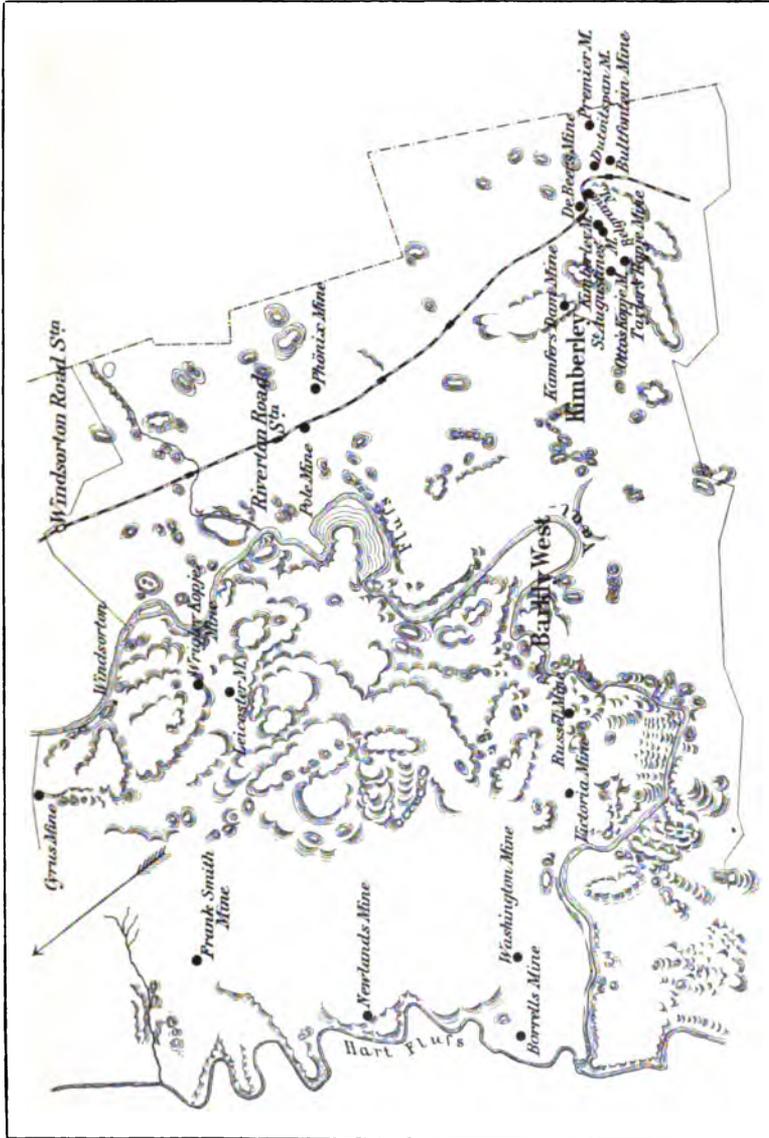


Fig. 9. Übersicht über die Verbreitung der Diamantengruben in West-Griffithsland. Maßstab 1:633 000. Die meisten Gruben sind auflässig. Nach der Aufnahme von A. Sedgwick Woolley, 1896.

Im Gebiete der Karooformation, zwischen dem Oranje- und Vaal-Fluß erheben sich zahlreiche kleine, bis zu 20 m über die Ebene ansteigende Hügel („Kopjes“), die eine 200 km lange NNO.—SSW. gerichtete Gruppe bilden. Seit 1870 hatte man am Fuße solcher Kopjes, außerhalb des Gebiets der Fluß-

alluvionen ebenfalls Diamanten gefunden, und während man nach solchen suchte, bemerkte man, daß jene Hügel manchmal nichts anderes waren als die Ausstriche einer ganz eigenartigen diamantführenden Masse, ganz verschieden von den Gesteinen der Umgebung; fünf solche „Kopjes“ erwiesen sich zunächst als ganz besonders reich und haben seitdem eine staunenswerte Menge von Diamanten geliefert. Es sind das Kimberley, Old de Beers, Du Toitspan und Bultfontein in Griqualand, und Jagersfontein bei Fauresmith im Oranje-Staat. Dazu kam dann 1890 als sechste sehr aussichtsvolle Grube die Premier oder Wesselton Mine, welche auf der Grenze beider Länder liegt und im Gegensatz zu allen anderen dadurch merkwürdig ist, daß sie an der Tagesoberfläche nicht durch eine hügelartige Emporragung, sondern durch eine mit Kalktuff überkrustete

Bodensenkung charakterisiert war. Man fand dort den ersten Diamanten in der Erde, welche eine Meerkatze aus ihrer Höhle gewühlt hatte. Endlich hat man im westlichen Teil des Oranje-Staates auch bei Koffyfontein Diamanten gefunden.

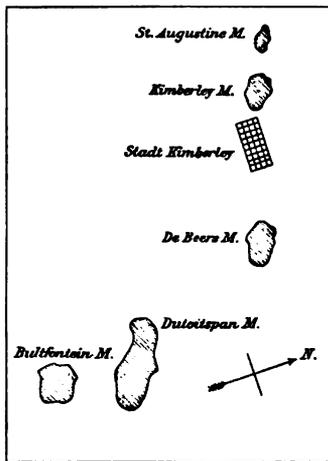


Fig. 10. Gegenseitige Lage der Hauptminen von Kimberley. Maßstab etwa 1:100 000. (Gardner Williams, 1887.)

Im Laufe der Zeit hat sich während des Abbaues ergeben, daß die diamantführenden Gesteine der Kopjes Säulen innerhalb der Karooformation bilden, welche im allgemeinen einen kreisförmigen oder elliptischen Durchschnitt besitzen und sich meistens nach unten zu etwas verengen.<sup>1)</sup> Sie haben Durchmesser von 25 bis zu mehreren hundert Metern und ziehen sich vom Tage aus fast senkrecht nach der Tiefe. Bis jetzt sind am besten bekannt die Säulen von De Beers, Kimberley und Wesselton; es maß

De Beers am Tage	54 000 qm
in 274 m Tiefe	47 000 „
Kimberley am Tage	36 000 „
in 300 m Tiefe	19 000 „
Wesselton am Tage	101 250 „

Oberflächlich und bis zur Teufe von 6—12 m traf man auf eine vollständig verwitterte Masse, den „yellow ground“, dann folgte weiterhin ein eisenschüssiges, rostfarbiges Material in 2—5 m Mächtigkeit, der „rusty ground“, und darunter endlich der schwarz- oder blaugrüne „blue ground“, der in etwa 80 m Tiefe so hart wurde, daß er kaum bearbeitet und daß noch weniger die Diamanten daraus gelesen werden konnten.

<sup>1)</sup> Man hält sie bis jetzt fast allgemein für vulkanische Durchblasungsröhren. („Vulkanembryonen“ Brancos, „Diatremen“ Daubrées.)

Der blue ground wird stellenweise von Gängen durchsetzt; ein solcher, der „Snake“, wurde in  $\frac{1}{2}$ –2 m Mächtigkeit auf De Beers angefahren. Er besteht aus einem glimmerführenden Peridotgestein; Körner und Kristalle von Olivin samt Kristallen von Biotit liegen in einer Grundmasse, die so reich ist an Kalkkarbonat, daß das Gestein mit Säuren lebhaft braust. Der Kalkspat besitzt Flüssigkeitseinschlüsse mit beweglicher Libelle (Bergeat). Es ist zu bemerken, daß dieser Gang in das Nebengestein übersetzt. Ferner ist zu erwähnen, daß man auf der Newlands Mine, nordwestlich von Kimberley, schon im Jahre 1899 nicht weniger als acht in einer geraden Linie liegende Vorkommnisse von blue

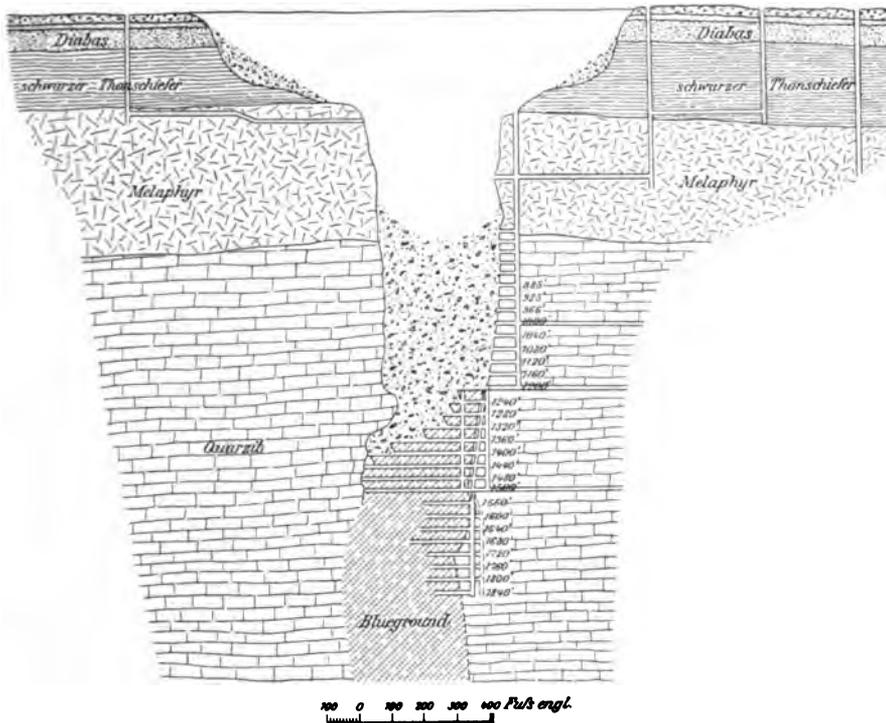


Fig. 11. Querschnitt durch die Kimberley-Grube, gegen Westen gesehen. Die Strecken und der Schacht im nördlichen Nebengestein haben Diabasgänge durchfahren. Die breite kesselförmige Erweiterung des obersten Schlotteiles ist durch Nachbrüche und Einstürze erzeugt und hat mit der ursprünglichen Gestalt der Lagerstätte nichts zu tun. (Nach dem Jahresbericht vom Jahre 1898.)

ground erschürft hatte, die sich zum Teil in mächtigere Stücke erweiterten und offenbar auf einer 700 m langen Spalte liegen. Dieser Gang von blue ground wird im allgemeinen nicht mächtiger als 2,5 m. Von hohem Interesse wäre auch die Mitteilung, daß die beiden hauptsächlichsten Lagerstätten von Newlands Mine in 100–130 m Teufe als sich erweiternde Stücke angetroffen worden sind (Graichen).

In dem „blue ground“ und den daraus hervorgegangenen Verwitterungsprodukten finden sich wohl ausschließlich die Diamanten, und er hat allein als Muttergestein derselben eine praktische Bedeutung. Es ist eine Breccie von serpentinöser Beschaffenheit und offenbar eruptiver Herkunft. Das eigentliche

Muttergestein der Masse ist ein Lherzolith oder Harzburgit gewesen, von welchem sich, wie weiter unten gezeigt werden soll, noch mehr oder weniger frische und kompakte Stücke in dem „blue ground“ vorfinden.

Der „blue ground“, der von vielen als ein vulkanischer Tuff bezeichnet worden ist, enthält keine schlackigen Lapilli oder ähnliche Auswürflinge. In der Hauptsache besteht er aus einer glanzlosen, in den weicheren Partien beinahe erdigen, dunkelschmutzgrünen serpentinischen, mit Karbonat durchsetzten Grundmasse, welche frische und serpentinierte Individuen von Olivin, meist serpentinierten Enstatit (Bastit) und braunen Glimmer, Chlorit, daneben Diamant, chromhaltigen Pyrop, chromhaltigen Diopsid und hier und da Chromeisenstein, die Titanmineralien Ilmenit, titanhaltigen Magnetit, Rutil und Perowskit, ferner Zirkon, violetten, grünlichen und dunkelblauen Saphir, Apatit und kleine Kriställchen von Turmalin und Disthen enthält. Im blue ground fehlt der Quarz; als sekundäre jüngere Produkte und Einwanderer sind zu erwähnen Kalkspat, Gips, Schwefel- und Kupferkies, Vivianit (?), Schwefel, Baryt und der Zeolith Mesotyp (Natrolith). Übrigens ist mindestens ein Teil des Biotits ein Umwandlungsprodukt des Olivins und ebenfalls der Chlorit sekundärer Entstehung. Das gleiche gilt wohl für den Perowskit und einen Teil des Rutils.

Als eigentliches Muttergestein des blue grounds, dem Lewis die petrographische Bezeichnung „Kimberlit“ beigelegt hat, muß ein sehr grobkörniges, im frischen Zustand äußerst zähes, wechselndes Gemenge von Olivin, Enstatit, Diopsid und Pyrop gelten.

In dem blue ground liegen zahllose Bruchstücke fremder Gesteine von den geringsten Dimensionen bis zu enormen Massen. Dieselben bestehen vor allem aus Tonschiefer. Von kleinsten, oft nur millimeterlangen Partikelchen desselben sind schon die Handstücke häufig völlig durchspickt. Einen weiteren Anteil nehmen vor allem ganz frische oder zersetzte Bruchstücke von Diabas und Olivindiabas und vom Sandstein; diese Gesteine bilden das Nebengestein der Schlote, und ihre Herkunft dürfte deshalb nicht fraglich sein. Außerdem aber kommen Trümmer solcher Gesteine vor, welche bisher durch die Schächte noch nicht durchteuft und daher aus größerer Teufe durch den blue ground emporgebracht worden sind, z. B. Quarzporphyr (Clausthaler Sammlung), Glimmerschiefer, Talkschiefer, Gneis (nach Mouille und Belegstücken der Clausthaler Sammlung); gneisartiger Granit soll nach Mouille auf Doyle's Rush bei Kimberley vorkommen. Diorit und Amphibolit erwähnt derselbe von Jagersfontein. Besonders die kleinsten Einschlüsse lassen eine ausgezeichnete Resorption durch das Nebengestein erkennen (Bergeat).

Die größeren von diesen Fremdlingen erreichen gewaltige Dimensionen, bis zu 30 000 cbm, und sind als „boulders“ viel besprochen worden. Im blue ground von De Beers lag eine Scholle von Olivindiabas, das sogenannte „Island“, welches einen Querschnitt von 280 qm besaß und bis zu einer Teufe von 216 m verfolgt werden konnte. Allgemein nennt man jene großen Blöcke von Nebengestein inmitten des blue grounds „floating reefs“. Die boulders sind sehr häufig gerundet, oft regelmäßig wie ein Brotlaib, dabei häufig auf einer Seite flach.

Ein ganz besonderes Interesse haben die boulders von pyropführendem Lherzolith (sog. Eklogit), die in großer Zahl und mit Durchmessern bis zu 0,5 m auf der Newlands Mine, westlich von Barkly vorkommen. Mineralogisch stehen diese zähen Gesteine dem mürben Kimberlit so nahe, daß man den letzteren

nur als ein Umwandlungsprodukt des ersteren Gesteines bezeichnen kann. In einem solchen frischen boulder hat Trübenbach als ganz zweifellosen primären Bestandteil einige Diamanten gefunden. Daß der Edelstein zur Zeit der Silikatbildung in dem Kimberlit schon dagewesen sein muß, hatte schon Stelzner an einer Gesteinsstufe festgestellt, welche einen Diamanten in innigster Verwachsung mit Granat zeigte.

Die vorher erwähnten Mineralien liegen alle in mehr oder weniger gerundeten Körnern in dem blue ground; der Granat zeigt niemals Kristallformen, der Biotit eiförmige Querschnitte. Eine Flächenumgrenzung besitzt manchmal der Olivin oder dessen Pseudomorphosen.<sup>1)</sup>

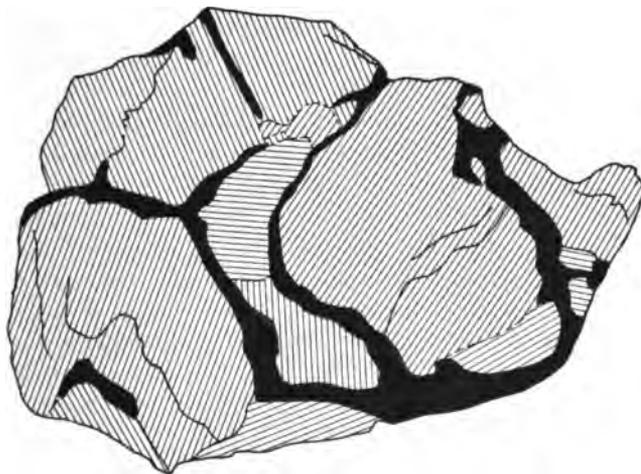


Fig. 12. Ein eigenartiges Enstatit-Granatgestein von der Newlands Mine. Die Hauptmasse bildet in schmutziggolivengrünen Bastit verwandelter, besonders randlich mit grasgrünem Chromdopsid verwachsener Enstatit. Die Strichelung entspricht der Faserung des Bastits. Die schwarzen Stellen sind Adern von lechrotem, körnigem Pyrop samt ziemlich viel Talk und kleinen Mengen Chromdopsid. Die „Granatadern“ sind besonders dann, wenn sie sich zwischen die Bastitfasern einschleiben, so fein, daß sie erst mit der Lupe erkannt werden. Natürliche Größe des Stücks.

(Clausthaler Sammlung.)

Der Diamant selbst liegt in rings umgrenzten Kristallen oder in Bruchstücken im blue ground. Seine Verteilung darin ist eine ungleichmäßige; Moullé glaubte z. B. in der Kimberley-Grube 15 verschiedene diamantführende Säulen erkennen zu können, deren Entstehung er verschiedenen Eruptionen zuschrieb. Tatsache ist, daß die verschiedenen Teile der Gruben recht verschiedene Ausbeute geben. „Einige Teile sind reicher als andere, aber es gibt keinen ersichtlichen Grund dafür. Die westlichen Partien sowohl von De Beers wie von Kimberley haben einen ärmeren Gehalt als die östlichen.“<sup>2)</sup> Auf der Newlands Mine hat

<sup>1)</sup> Auf eine eingehende petrographisch-mineralogische Beschreibung muß in diesem Buche verzichtet werden. Ich beabsichtige an anderer Stelle auf einige Beobachtungen zurückzukommen, welche ich bei einem Studium des südafrikanischen blue ground gemacht habe. Bergeat.

<sup>2)</sup> Briefliche Mitteilung von Herrn G. Williams an Bergeat.

man nach Graichen<sup>1)</sup> die Erfahrung gemacht, daß der blue ground dort besonders reich ist, wo er an das Nebengestein grenzt.

Die Verbreitung des Diamanten im blue ground ist eine äußerst spärliche. Das Gestein enthält pro „load“ (= Last, 16 Kubikfuß, oder etwa  $\frac{3}{4}$  t) auf der Kimberley- und der De Beers-Grube 0,92 Karat (zu 0,205 g), auf Dutoitspan 0,2, auf Premier und Bultfontein durchschnittlich 0,2—0,3, auf Jagersfontein 0,11 Karat.

Das Verhältnis zwischen Diamant und zu fördernder Gesteinsmasse stellt sich auf den beiden erstgenannten Gruben auf 1 : 4000000, zu Jagersfontein auf 1 : 32000000.

Die Qualität und das Aussehen der Edelsteine sind auf den verschiedenen Gruben und sogar in verschiedenen Zonen derselben Grube so verschieden, daß ein geübter Kenner die Herkunft derselben angeben kann. Die Jagersfonteiner Diamanten sind schön blauweiß, De Beers produziert gelbliche Steine, Kimberley besonders weiße Oktaeder, Bultfontein hatte weiße und gefleckte, Dutoitspan die sog. „silver capes“. Die Steine von der Premier Mine sind meistens weiß und oktaedrisch, selten braun. Am gesuchtesten sind die „blue whites“. Der größte bisher in Südafrika gefundene Diamant kam 1893 zu Jagersfontein zum Vorschein; er wog  $969\frac{1}{2}$  Karat, war 6,3 cm lang, 3,8—5 cm breit und 2,2—3,2 cm dick. Ein anderer Stein von De Beers hatte  $482\frac{1}{2}$  Karat, wurde aber noch übertroffen durch das am 1. Juni 1896 gefundene blaßgelbe Oktaeder von  $503\frac{1}{4}$  Karat. Die kleinsten Steine wiegen etwa ein Milligramm. Bort kommt nur in rundlichen Körnern vor; er ist etwas härter als der Diamant.

Seit ihrer Entdeckung haben die Lagerstätten einen intensiven Abbau erfahren; schon 1893 war man auf De Beers bis zu 360 m, auf Kimberley bis zu 380 m Teufe gelangt. Im Februar 1899 hatte man erreicht auf

De Beers in den Abbauen 427 m, im Schacht 488 m,

Kimberley „ „ „ 560 „ „ 591 „ ;

Dutoitspan und Bultfontein hatten im Tagebau eine Teufe von 100 m.

Im Jahre 1869 war in der Gegend von Barkly von einem Eingeborenen ein großer Diamant, später der Star of South genannt, gefunden worden. Der Finder soll ihn für 500 Schafe verkauft haben. Bald wurde der Stein zunächst für 8000, dann für 230000 M. weitergegeben, in geschliffenem Zustand später auf 500000 M. geschätzt. 1870 fand ein Farmer Namens Du Ploy auf Bultfontein im Erdreich seines Zimmerbodens einen Diamanten, was zunächst zur Entdeckung dieser Mine und 1871 zu derjenigen der benachbarten Dutoitspan führte. Im Gegensatz zu den „River diggings“ nannte man die Diamantengewinnung im anstehenden Gestein jetzt das „Dry digging“. Infolge solcher Funde kamen im Jahre 1871 20000 Steinsucher herzugewandert, welche die Kopjes auf Diamanten absuchten und mit Tagebauen nach der Tiefe vordrangen.

Dabei durchlief der lebhafteste Bergbau in kürzester Zeit so mannigfache Phasen, wie sie bei anderen Grubenbetrieben nur Jahrhunderte weit auseinander liegen. Zunächst verteilte man Anteile („claims“) von 9,5 m im Geviert, so daß ein Grubenfeld eine Fläche von etwa 90 qm einnahm, und De Beers hatte beispielsweise 600 solcher „claims“, Dutoitspan 1430, Kimberley ursprünglich 1500 solcher. Anfangs durfte niemand mehr als zwei Grubenfelder besitzen, wohl aber wurden Bruchteile, wie  $\frac{1}{8}$  oder  $\frac{1}{16}$  claim, gehandelt. Der Preis eines Anteils betrug 1870 noch 7 sh. 6 d. (7 M. 65 Pf.), wenig später zahlte man schon einen monatlichen Pacht von 10 sh., 1879 wird der Grubenfeldsteuer

<sup>1)</sup> Briefliche Mitteilung an Bergeat.

der Wert von 50—6500 £ (1000—130000 M.) zugrunde gelegt, und 1880 betrug der Verkaufspreis eines claim nicht weniger als 10—15000 £ (= 200000 bis 300000 M.).

Anfangs arbeitete jeder Diamantgräber mit Hacke und Spaten; durch Pfähle mußten die Zugangswege zu den zahlreichen Grubenfeldchen ausgespart werden. Es gab häufig Einstürze, Verschüttungen, Prozesse; so fanden denn bald Verschmelzungen der Eigentumsrechte statt, bis schließlich 1888 die Gründung der Aktiengesellschaft „De Beers Consolidated Mines“ (mit einem Aktienkapital von 3950000 £ = 79000000 M.) den Abbau unter einheitliche Leitung brachte. Dieselbe besaß im Jahre 1899 die Gruben De Beers, Kimberley, Premier und weitaus den größeren Anteil von Dutoitspan und Bultfontein.

Schon bald hatte man Seilförderung eingeführt, 1874 ging man zur Förderung mittels des Ochsen- und Pferdegöpels über, 1875 ward die erste Lokomobile aufgestellt. Die Abbauverhältnisse hatten sich immer schwieriger gestaltet, nachdem Kimberley bis 1882 schon 1 Mill. Kubikmeter Bruch zu beseitigen hatte, was 2 Mill. £ Kosten verursachte, und 1883 abermals 60000 Kubikmeter nachgebrochen waren. Schon damals war der Tagebau mehr und mehr unmöglich geworden, und man entschloß sich daher 1884 zur Anlage eines Schachtes in dem Bruchfeld selbst. Ursprünglich hatten die Durchmesser des Kimberley-Stocks oberflächlich 167 und 274 m betragen, infolge der fortgesetzten Nachbrüche des Nebengesteines war im Anfang der achtziger Jahre des XIX. Jahrhunderts eine Weitung von 300 und 350 m Durchmesser entstanden, welche immerhin schon 112 m tief, also 2 $\frac{1}{2}$  mal so weit und 1 $\frac{1}{2}$  mal so tief war wie die bekannte Altenberger Pinge.

Durch die Verschmelzung des Betriebes in eine Grubengesellschaft war zugleich den schlimmen Folgen der Konkurrenz entgegengearbeitet, infolge deren die einzelnen Gewerkschaften den Preis des Diamanten herabzudrücken begonnen hatten. Man steuerte der Überproduktion, indem man zugleich die Preise festigte, und produzierte jährlich nur so viel Edelsteine, wie dem Weltbedarf entsprach. Die nachstehende Tabelle zeigt die Produktions- und Preisverhältnisse seit 1867.

	Karat	Wert M.	Durchschnitts- preis pro Karat ca. M.
1867	—	10000	—
1868	—	3000	—
1869	—	508660	—
1870	—	3145930	—
1871	—	8268660	—
1872	—	33170560	—
1873	—	33793240	—
1874	—	26923340	—
1875	—	31747000	—
1876	—	31018700	—
1877	—	35324480	—
1878	—	44265600	—
1879	—	52887100	—
1880	—	69041880	—
1881	—	85612140	—
1882	—	81842200	—
1883	2312248	58369060	20,50
1884	2204786	52633780	23,00
1885	2287263	45687940	19,50
1886	3047639	66862260	21,50
1887	3598930	87159240	23,50
1888	3565780	73968460	20,00

Stelzner-Bergeat, Erzlagerstätten.

	Karat	Wert M.	Durchschnitts- preis pro Karat ca. M.
1889 . . . . .	2754967	83840180	28,00
1890 . . . . .	2415655	77058360	31,00
1891 . . . . .	2837503	70977720	24,50
1892 . . . . .	2898092	74559580	25,00
1893 . . . . .	2813744	78603380	27,00
1894 . . . . .	2737793	68688020	24,50
1895 . . . . .	3101853	81505520	26,00
1896 . . . . .	3211026	82637440	25,00
1897 . . . . .	3050242	78251760	25,00
1898 . . . . .	3268250	84514380	25,00

Die Produktion im Jahre 1901—1902 wird auf 1500000 Karat beziffert; dieser verminderten Produktion steht ein höherer Preis des Edelsteins gegenüber, nämlich durchschnittlich 46,50 M. Die Diamanten werden zum größten Teil an die Amerikaner verkauft.

Vergleichsweise soll Brasilien in den letzten 160 Jahren im ganzen 12 Mill. Karat, Indien in den letzten Jahren durchschnittlich 210 Karat produziert haben.

In den Gruben von Kimberley waren im Jahre 1898 3750 Schwarze und 347 Weiße beschäftigt; insgesamt beschäftigte der Bergbau 10340 Schwarze und 1860 Weiße.

Die Aufbereitung des blue ground geschah anfänglich durch Handscheidung. Später schüttete man das Gestein auf gepflasterte Böden („floors“) und überließ es der Verwitterung, welche in früheren Jahren, als der blue ground noch weicher war, 3 Monate dauerte, während das viel härtere, aus den größeren Teufen geförderte Gestein jetzt 9—12, ja sogar 15—18 Monate zum Zerfall braucht. Das mürbe Gestein wird hierauf mit dem Wasser einer 22 km langen, von dem Vaal hergeführten Wasserleitung verwaschen, wobei im Wäscherückstand die Mineralien vom Gew. 3,2—5,2 (nämlich Diamant, Diallag, Pyrop, Zirkon, Titaneisen usw.) verbleiben.

Trotz aller Strenge gegen Arbeiter und Hehler wird alljährlich immer noch etwa  $\frac{1}{8}$  der geförderten Diamanten gestohlen.

Eine unbedeutende Produktion aus ärmerem blue ground haben einzelne andere Gruben in Griqualand, nämlich Elandsdrift, Frank Smith, Kamfersdam und Lace. Kimberley liefert ungefähr  $\frac{9}{10}$  des jährlichen Weltbedarfs.

Höchst merkwürdig ist es, daß man bisher außerhalb Südafrikas noch nirgends diamantführenden Kimberlit angetroffen hat, während in Südafrika zahlreiche Vorkommnisse desselben an hunderte von Kilometern voneinander entfernten Orten bekannt geworden sind.

Weit entfernt von Kimberley kommen nach Molengraaff Diamanten samt Pyropen auch in einem Flußlauf bei Winsburg und am Rhenosterspruit, nahe seiner Mündung in den Valschfluß bei Driekop (Oranjestaat) vor. Man soll dort auch kimberlitführende Schlote nachgewiesen haben. Ein anderes Vorkommen von diamantführendem Kimberlit ist bei Rietfontein nahe Prätorien in Transvaal angetroffen worden.

Nach Schmeißer kommt in Deutsch-Südwestafrika blue ground an vier Stellen bei Gibeon und an zwei Plätzen nahe der Farm Mokurop bei Berseba vor; im Gestein selbst ist bis jetzt noch kein Diamant gefunden worden. Doch

sind solche Funde nicht ganz ausgeschlossen, da tatsächlich ein ziemlich großer Stein aus der Gegend von Berseba nach Berlin gelangt ist.

Was die Entstehung des Diamanten anbelangt, so steht so viel fest, daß derselbe dem zu blue ground umgewandelten Olivingestein von Haus aus angehört hat, denn er ist in Trümmern solchen unveränderten Gesteines als primärer Bestandteil nachgewiesen worden, nachdem schon Stelzner auf die zweifellose Verwachsung von Diamant und Pyrop im blue ground hingewiesen hatte. Die ehemals viel geäußerte Ansicht, daß der Diamant einer Resorption der in den Tonschieferfragmenten enthaltenen Kohle sein Dasein verdanke, ist hinfällig geworden.<sup>1)</sup>

Mehrfach ist das Vorkommen von Diamant in verschiedenen Meteoriten zum Vergleich herangezogen worden (z. B. desjenigen von Nowo Urei im Gouv. Penza, vom Diablo Cañon in Arizona und von Chile),<sup>2)</sup> und es sei darauf hingewiesen, daß A. E. Nordenskiöld<sup>3)</sup> auch im Uifakeisen das Vorkommen von Diamant vermutet.

Bisher hat man den Diamanten mit Sicherheit nur im Kimberlit Südafrikas auf primärer Lagerstätte kennen gelernt; im übrigen scheint er sich immer nur auf Seifen vorzufinden.<sup>4)</sup> Die Mehrzahl, wenn nicht sogar die Vielzahl der letzteren liegt aber in größerer oder geringerer Nachbarschaft von Serpentin, so vielleicht im Ural<sup>5)</sup> und in Madras in Indien, wo zwar nach Chaper<sup>6)</sup> der Edelstein

<sup>1)</sup> Siehe dartber die Zusammenstellungen bei Stelzner, Hintze, Bauer, ferner die Arbeiten von Knop, Mouille, Luzi, Gürich, Lewis usw., ferner I. Friedländer, Herstellung von Diamanten in Silicaten, entsprechend dem natürlichen Vorkommen im Kaplande; Sitzungsber. d. Ver. z. Beförd. des Gewerbefleißes, 1898, 45—50.

<sup>2)</sup> Daubrée, *Météorite diamantifère tombé le 10/22 septembre 1886, en Russie, à Nowo Urei, gouvernement de Penza*; *Compt. rend.*, CVI, 1888, 1681—1682; *Ref. N. Jahrb.*, 1891, I, — 45 —. — Ders., *Analogies de gisement du diamant, d'une part, dans les gîtes de l'Afrique australe, d'autre part, dans les météorites*; *Compt. rend.*, CX, 1890, 18—24; *Ref. N. Jahrb.*, ebenda. — G. F. Kunz, *Diamonds in Meteorites*; *Science*, XI, 1888, 118—119; *Ref. N. Jahrb.*, ebenda. — Friedel, *Sur le fer météorique de Cañon Diablo*; *Compt. rend.*, CXVI, 1893, 290—291; *Ref. N. Jahrb.*, 1894, I, — 447—448 —. — Moissan, *Etude de la météorite de Cañon Diablo*; *Compt. rend.*, CXVI, 1893, 288—290; *Ref. N. Jahrb.*, 1894, I, — 448 —. — Mallard, *Sur le fer natif de Cañon Diablo*; *Compt. rend.*, CXIV, 1892, 812—814; *Ref. N. Jahrb.*, 1894, I, — 275 —. — Kunz and Huntington, *On the diamond in the Cañon Diablo Meteoric Iron and on the hardness of Carborundum*; *Am. Journ. of Science*, XLVI, 1893, 470—473; *Ref. N. Jahrb.*, 1895, I, — 277 —. — Siehe auch Moissan, *Etude de quelques météorites*; *Compt. rend.*, CXXI, 1895, 483—486; *Ref. N. Jahrb.*, 1897, I, — 39 —. — Sandberger, *Ein neuer Meteorit aus Chile*; *N. Jahrb.*, 1889, II, 180.

<sup>3)</sup> *Remarques sur le fer natif d'Ovifac et sur le bitume des roches cristallines de Suède*; *Compt. rend.*, CXVI, 1893, 677—678; *Ref. N. Jahrb.*, 1894, I, 432.

<sup>4)</sup> Das primäre Vorkommen von Diamant im Itacolomit und das Vorkommen im Granit ist höchst fraglich.

<sup>5)</sup> Diamant von der Domäne Bissertakaya beschreibt Jeremieff, *Schriften der russ. min. Ges.*, XXVII, 1891, 399; *N. Jahrb.*, 1893, II, — 240 —.

<sup>6)</sup> Siehe Stelzner, *Über das vermeintliche Vorkommen von Diamant im hindostanischen Pegmatit*; *N. Jahrb.*, 1893, I, 139; ferner ebenda *Ref.* 1885, I, — 208 —,

im Pegmatit auftreten soll, während nach Foote mit mehr Wahrscheinlichkeit ein kimberlitartiges Gestein inmitten kristalliner Schiefer als dessen Ursprungs-ort angesehen werden darf.

Es ergibt sich aus allem, daß der Diamant als primärer Bestandteil aus einem magnesiareichen Silikatschmelzfluß auskristallisiert ist.

### Rückblick auf die eruptiven Lagerstätten.

1. Die erzführenden Eruptivgesteine sind dieselben, welche wir auch sonst mehr oder weniger allgemein verbreitet finden, und auch die in ihnen enthaltenen Erze sind, wenn auch oft nur in mikroskopischen Partikeln, als akzessorische Bestandteile der Gesteine weit verbreitet; es gilt dies von den hier in Betracht kommenden Oxyden und Sulfiden von Schwermetallen und dem seltenen Vorkommen von gediegenem Eisen. Der Diamant, von welchem größere Anhäufungen nicht bekannt sind, ist eben auch als sehr spärlicher akzessorischer Bestandteil seines Muttergesteines noch gewinnungswürdig.

2. Bestimmte Erze sind im allgemeinen auch an bestimmte Gesteine gebunden.

3. Saure Gesteine sind selten durch eine reichere Erzführung ausgezeichnet, dagegen ist eine solche bei den basischsten (Norit, Gabbro, Olivinhyperit und Olivindiabas, Peridotit, bezw. Serpentin und Basalt) eine häufigere Erscheinung. Gediegen Eisen, Titaneisen, Magnetit, Chromit, Kupfer- und Nickelerze, Gold, Platin, Eisen und endlich der Diamant bilden primäre Bestandteile dieser Gesteine.

An und für sich ist der chemische Bestand der basischen Magmen schon von vornherein durch einen größeren Gehalt an Schwermetallen ausgezeichnet. Wie aber später noch zu erörtern sein wird und schon früher (S. 40—41) angedeutet worden ist, scheinen die kieselsäure- und alkalireichen Schmelzflüsse reicher zu sein an Wasser- und anderen Gasen, durch deren Vermittelung der Erzgehalt bei der Gesteinserstarrung dem Magma entzogen und in das Nebengestein übertragen werden kann.

4. Auch unter den basischen Gesteinen sind fast ausschließlich die vollkristallinen, d. h. die Tiefengesteine, nicht aber die Ergußsteine, reicher an größeren Erzausscheidungen.

5. Bekanntlich ist das spezifische Gewicht der Erde als Weltkörper sehr viel höher als dasjenige der Erdkruste; letzteres beträgt 2,5, ersteres (nach König, Richarz und Krigar-Menzel 1894) 5,505. Man hat daraus schließen wollen, daß im Inneren der Erde vorwiegend Körper von größerem Gewicht als 5,505 angehäuft liegen. Diese Vermutung steht nicht im Gegensatz zu physikalisch-chemischen Überlegungen<sup>1)</sup> und wird insbesondere bestätigt durch die Beschaffenheit eines großen Teils der aus dem Weltraum zu uns gelangenden Meteoriten, welche wenigstens teilweise Bruchstücke von Weltkörpern sein dürften. Die Meteoriten sind, soviel man bis jetzt weiß, nur aus Elementen

1887. I. — 66 —. Erwiderung Chapers, Bull. Soc. franç. d. minéral., XIX, 1896, 79 bis 81; Ref. N. Jahrb., 1897, II, 6.

<sup>1)</sup> Arrhenius, Zur Physik des Vulkanismus; Geol. För. Förh., XXII, 1900, 395—419, bes. 405.

zusammengesetzt, welche man auch auf der Erde kennt. Ein Teil dieser letzteren bildet Silikate, die uns auch als irdische Gesteinsbildner bekannt sind, wie rhombische Pyroxene, Olivin, Anorthit, und die Meteorsteine sind manchmal sehr ähnlich unseren irdischen Eruptivgesteinen, andere werden für Tuffe solcher gehalten. So ähnelt der Stein von Juvinas der Thjorsaa-Lava auf Island, der Stein von Chassigny einem Dunit. In den Meteoriten findet sich manchmal Chromit, Einfachschwefeleisen (Troilit, analog dem Magnetkies) und Magnetit.

Bringen die Meteorsteine uns Kunde von der Zusammensetzung der Oberflächen mancher Weltkörper, so sind vielleicht die häufigeren Meteoreisen Bruchstücke der inneren Kerne solcher. Sie würden uns vor allem auf das Vorhandensein von viel metallischem Eisen samt Nickel im Inneren anderer Weltkörper hinweisen. Tatsächlich ist die Analogie zwischen dem Meteoreisen und dem tellurischen Eisen von Uifak eine große. In beiden finden sich Nickel, Kohle, Phosphor (im Schreibersit, Phosphornickeleisen) sowie Einfachschwefeleisen, und die das Meteoreisen begleitenden Silikate (z. B. Olivin) weisen gleichfalls auf basische Schmelzen hin, die ja auch das Grönländer Eisen gefördert haben und an welche auf der Erde manchmal und wohl ausschließlich die größeren Massen eruptiver Erzausscheidungen gebunden sind.

Von diesen Gesichtspunkten aus erschien es immer als wahrscheinlich, daß auch im Erdtiefsten große Mengen schwerer Metalle angehäuft sein dürften, die, gelegentlich durch Eruptivgesteine nach oben gefördert, im gediegenen oder vererzten Zustand zur Verfestigung gelangen.

## 2. Die schichtigen Lagerstätten.

Schon Agricola († 1555) unterschied, wenn auch nicht scharf, Gänge und „fletze“. Um das Wesen der „schichtigen Lagerstätten“ festzustellen, sei zunächst daran erinnert, daß man unter Schicht eine im normalen Falle plattenförmige Gesteinsmasse versteht, welche durch zwei annähernd parallele „Schichtflächen“ begrenzt ist und das Produkt eines Bodensatzes in einem bestimmten Zeitraum darstellt.

Das Material der Schicht kann durch Aufbereitung aus einem vorher existierenden Gestein hervorgegangen und zusammengeschwemmt sein; man spricht dann von klastischen Gesteinen und allothigenem Ursprung derselben. Oder das Material ist durch Ausfällung aus irgend einer Lösung an Ort und Stelle entstanden, es ist also ein chemisches Präzipitat und authigenen Ursprungs.<sup>2)</sup> Solche präzipitierte Sedimente sind von kristalliner Beschaffenheit.

<sup>1)</sup> Daubrée, Ann. d. Mines (6) Mém., XIII, 1868, 29.

<sup>2)</sup> *Κλᾶν* zerbrechen, *ἄλλοθι* anderswo, *αὐθι* = *αὐτόθι* dort, *γίνεσθαι* entstehen. Siehe Kalkowski. N. Jahrb., 1880. I, 4.

Nicht selten treffen beide Entstehungsweisen zusammen, d. h. während der Zusammenschwemmung klastischen Materiales finden chemische Ausfällungen statt, und beide Produkte vermischen sich. Man hätte demnach allgemein zu unterscheiden zwischen

- |   |               |
|---|---------------|
| 1. rein klastischen                       | } Sedimenten. |
| 2. halbklastischen bezw. halbkristallinen |               |
| 3. kristallinen                           |               |

Wendet man diese Einteilung auf erzführende Sedimente an, so ergibt sich folgende Gruppierung:

a) Die metallhaltigen und die nicht metallhaltigen Elemente des Sediments sind klastischer Natur: Seifen.

b) Die metallfreien Elemente sind klastisch (z. B. Sandkörner, Konglomerate) und während ihrer Ablagerung hat gleichzeitig eine Ansiedelung von präzipitierten Erzen stattgefunden.

c) Sowohl die erzfreien wie die erzhaltigen Elemente sind authigen.

Denkbar wäre auch der Fall, daß die Erze allothigen, die metallfreien Elemente authigen wären; es ist aber kein solcher bekannt, auch wohl nicht leicht möglich, weil die Erze im allgemeinen schwer, also auch schwer transportabel sind, und dort, wo sie zusammengeschwemmt werden konnten, auch Zusammenschwemmungen des leichteren Gesteinsschuttes möglich waren.

Nachdem die Seifen grundsätzlich als deuterogene Lagerstätten später behandelt werden sollen, wird das Folgende sich nur mit den unter b und c genannten Bildungen beschäftigen.

Die „schichtigen Lagerstätten“ sind also sedimentäre Gebirgsglieder mit authigenem Erzgehalt. Auf sie lassen sich zunächst alle Vorstellungen anwenden, die von geschichteten Gebirgsgliedern überhaupt gewonnen worden sind. Es ist also allgemein folgendes festzuhalten:

1. Ist die schichtige Lagerstätte das Glied eines Systems von Schichten, so fällt ihre Bildungszeit zwischen jene der liegenden und hangenden Schichten, soweit die geologische Lagerung eine normale, durch Überkippen oder Überschiebungen nicht gestörte ist.

\* 2. Soll eine Lagerstätte als schichtige bezeichnet werden, so muß der Erzgehalt einer gewissen Schicht oder einem gewissen Schichtenkomplex auf weitere Erstreckung hin eigentümlich sein. Damit ist aber keineswegs gesagt, daß die Schichten desselben Horizonts, wenn sie irgendwo erzführend sind, überall erzführend sein müssen, insbesondere wenn dieselben infolge einer Änderung derjenigen physikalischen Bedingungen, welche ihren Absatz bewirkten, ihre allgemeine petrographische Beschaffenheit geändert haben. Denn dieselben Ursachen, welche zur selben Zeit hier den Absatz eines Mergelschiefers, dort eines dolomitischen Kalksteines, hier eines Tonschiefers oder Tones in seichter See, dort eines Kalksteines in tiefer See bewirkt haben, können hier oder dort auch dem Absatz von Metallverbindungen förderlich oder hinderlich gewesen sein. Ebenso ist es denkbar, daß zu verschiedenen Zeiten innerhalb eines enger umgrenzten Zeitraumes und eines weiteren Gebietes ein Erzabsatz stattgehabt hat, welcher dann mehr einen gewissen Schichtenkomplex charakterisiert und

innerhalb desselben je nach den äußeren Bedingungen in verschiedenen Horizonten auftritt, als er streng horizontbeständig an eine bestimmte Schicht gebunden zu sein braucht. Wie innerhalb eines Schichtenkomplexes der petrographische Charakter derselben Schicht sich ändern kann, um in einem anderen Horizont wiederzukehren, so gilt das auch für die Erzführung, welche ja gleichfalls nur eines der petrographischen Merkmale gewisser Schichten darstellt.

Ein Beispiel für die „Horizontbeständigkeit“ einer Erzführung in diesem Sinne bilden die jurassischen Eisenerzablagerungen der verschiedensten Gegenden Deutschlands. Eisenerze, zumeist von oolithischer Struktur, finden sich in allen drei Stufen der Juraformation. Eine besondere technische Bedeutung haben diejenigen des Doggers erreicht, welche in Württemberg und in Lothringen abgebaut werden; indessen sind noch jetzt Gruben auf Eisenerze des Oxford (unterer Malm) im Wesergebirge im Betrieb, und ähnliche Erze wurden früher im mittleren Lias in der Umgebung des Harzes gewonnen.

In Württemberg ist die Schichtenfolge um die Doggereisenerze regelmäßig und auf weitere Entfernungen hin folgende:

- Dogger  $\alpha$ ) Tone mit *Amm. torulosus* und *opalinus*.
- „  $\beta$ ) Gelbe Sandsteine und rote oolithische Eisenerze mit *Amm. Murchisonae*, *Trigonia costata* und *Pecten personatus*.
- „  $\gamma$ ) Blaue Kalke mit *Amm. Sowerbyi*, Korallen usw. und einer Eisenoolithbank.
- „  $\delta$ ) Tone mit *Belemnites giganteus*.

Hingegen sind die Eisenerzflöze Lothringens gebunden an den

Obersten Lias

Dogger  $\alpha$ ) mit *Trigonia navis*,

„  $\beta$ ) mit *Ammonites Murchisonae*

und nur in bezug auf diese Schichtkomplexe, nicht aber in bezug auf einzelne Schichten niveaubeständig. Und doch spricht alles für eine schichtige, d. h. eine sedimentäre Entstehung des Erzgehaltes.

In Deutschland ist weithin der Zechstein in verschiedenen Horizonten kupferführend. Insbesondere die unterste Stufe desselben, nämlich der Kupferschiefer, ist in weitester Verbreitung, z. B. von Hettstedt im Osten des Harzes bis nach Seesen im Westen des Gebirges und an zahlreichen anderen entfernteren Orten kupferführend und, soweit bekannt, auch zinkführend angetroffen. Der Erzgehalt bildet hier geradezu ein Merkmal einiger weniger Schichten, solange dieselben stark bituminös und arm an Karbonaten sind, er verschwindet mit dem Bitumen und zunehmendem Karbonatgehalt, stellt sich aber in höheren Horizonten des Zechsteines gern wieder ein, wenn dieselben Bitumen oder sonstige organische Reste führen und die unteren Horizonte des Zechsteines nicht entwickelt sind. Der Kupferschiefer aber bleibt ein ausgezeichnetes Beispiel für die Horizontbeständigkeit eines syngenetischen Erzgehaltes über weite Entfernungen. \*

Die Niveaubeständigkeit ist zwar kein ausschließliches Merkmal echter schichtiger Lagerstätten, denn sie wird sich auch, aus später zu erörternden Ursachen, bei metasomatischen Lagerstätten<sup>1)</sup> finden; sie ist aber gleichwohl das wichtigste Kennzeichen dieser Gruppe von Lagerstätten.

3. Es können schichtige Lagerstätten selbstverständlich nicht andere Schichten oder einen Gang durchsetzen und ebensowenig gangförmige Ausläufer in das darüber oder darunter liegende Gestein entsenden. Allerdings ist es in stark gestörten Gebieten nicht immer leicht, zwischen scheinbaren Aus-

<sup>1)</sup> Siehe oben S. 17.

läufern, welche durch Faltung und Pressung entstanden sind, und zwischen echten gangförmigen Apophysen zu unterscheiden (Rammelsberg bei Goslar, Kieslager von Norwegen). Schichtige Lagerstätten könnten ferner nur dann unmittelbar an Verwerfer gebunden sein, wenn die Störung längs einer Schichtfuge stattgefunden haben sollte. Auch ist der Fall denkbar und möglich, daß durch eine Störung (Verwerfung oder Überschiebung) die Lagerstätte streckenweise geschleppt und in eine scheinbare Beziehung zu ersterer gebracht wird.

4. Schichtige Lagerstätten können keine Bruchstücke des Hangenden einschließen.

Besondere Kennzeichen für die authigene Natur des Erzes sind:

5. Die paragenetischen Verhältnisse zwischen dem steinigen Schichtmaterial und den Erzen (gegenseitige Umschließung von Erz und erzfreiem Gestein;<sup>1)</sup> die konkordante Umhüllung von Erzkörpern durch erzfreies oder -armes Gestein).

6. Einschlüsse wohlerhaltener, von Erz erfüllter Versteinerungen mit Kalkschale (in der Minette Lothringens, den Eisenoolithen Württembergs und von Kressenberg in Bayern, in manchen devonischen Roteisenerzen; die mit Sulfiden erfüllten Kalkschalen von Foraminiferen, Cephalopoden usw. im Wissenbacher Schiefer nahe dem Kieslager des Rammelsbergs).

\* 7. Eine Konzentration des Erzes um organische Reste oder Vererzung der letzteren durch Imprägnation. Allgemein bekannt sind z. B. die in Kupfererz eingehüllten Pflanzenreste aus dem Kupfersandstein von Perm oder die Erzknoten in den Alveolen von Belemniten oder am Munde der Ammoniten; die Entstehung der letzteren begann wohl mit einer Reduktion von Sulfaten durch den verwesenden Tierkörper. Beispiele sind ferner die sog. „Frankenberger Kornähren“, d. s. vererzte Koniferenreste, welche offenbar nur infolge ihrer Vererzung so außerordentlich gut erhalten sind, und die mit Kupfererz oder auch gediegenem Silber überzogenen Fischreste des Mansfelder Kupferschiefers. Schwer oder gar nicht zu erklären wären solche Erzabsätze, wenn dieselben erst infolge späterer Infiltration gebildet sein sollten, da dann die organischen Reste gewiß in vielen Fällen schon verwest oder mindestens stark verkohlt und zur Erzausfällung nur noch wenig fähig gewesen wären. \*

Da die Entstehung der echten schichtigen Lagerstätten nur durch Niederschläge aus Lösungen vor sich geht, deren Menge und Art von der jeweiligen Stoffzufuhr abhängt, weil also der Erzabsatz nicht in der Art einer sich zu Boden senkenden, mechanisch suspendierten Trübe erfolgt, sondern das Erz allmählich mit dem Niederschlag des Sediments sich bildet, so ist die vertikale Verteilung der Erze innerhalb des Sediments auch unabhängig vom spezifischen Gewichte der verschiedenen Erzarten. Es ist also aussichtslos, die Erzverteilung in einem echten Lager von solchem Gesichtspunkt aus beurteilen zu wollen.

Die Hauptschwierigkeiten, welche sich trotz allen vorhergenannten Kriterien der unzweifelhaften Erkennung schichtiger Lagerstätten entgegenstellen können, sind etwa folgende:

<sup>1)</sup> Die gegenseitige Umhüllung von Erzen und Silikaten in kristallinen Schiefen beweist zunächst nur, daß der Metallgehalt bereits vorhanden war, als das Muttergestein umkristallisierte.

a) Der ursprüngliche Erzbestand kann Umwandlungen und eine Wiederauflösung erfahren haben und ist infolge solcher nicht selten auf Schichtfugen und Klüfte gewandert, um dort neuerdings zum Absatz zu kommen. Der authigene Charakter des Erzes wird auf solche Weise mehr oder weniger undeutlich, und es wird der falsche Anschein geweckt, als handele es sich um spätere Erzinfiltrationen. So ist der Kupfergehalt der permischen Sandsteine (in Rußland) unter der auf S. 86 Abs. 2 gemachten Einschränkung niveaubeständig, hat sich aber innerhalb des Horizonts um verwesende Pflanzeneinschlüsse konzentriert. Der Muschelkalk Oberschlesiens ist wohl von Beginn an reich gewesen an Zink- und Bleierzen. Durch zirkulierende Lösungen sind diese indessen wahrscheinlich ausgelaugt und erst später längs Klüften und Schichtflächen wieder — als metasomatische Lagerstätten — zum Absatz gelangt. Ebenso ist es nicht der an Eisen immerhin sehr reiche Jaspis der algonkischen Schiefer, welcher in den Vereinigten Staaten am Oberen See abgebaut wird, sondern die durch eine Umlagerung und sekundäre Konzentration des Eisengehaltes in der Schieferformation selbst entstandenen Reicherze werden gewonnen.

b) In stark metamorphisierten Schichten, z. B. in den kristallinen Schiefen, hat auch die ursprüngliche Form des Erzgehaltes eine Veränderung erfahren, welche es erschwert, sich von der Art des Erzabsatzes eine Vorstellung zu machen (z. B. Fahlbänder oder das Goldvorkommen am Wiswatersrand in Transvaal).

c) In vielen Fällen ist die sedimentäre Entstehung des Muttergesteines einer Lagerstätte fraglich, wie z. B. diejenige vieler Glieder der kristallinen Schiefergebirge; damit wird dann auch die schichtige Natur der nach allen Anzeichen mit jenen gleichzeitig entstandenen Erze zweifelhaft.

Der allgemeinen Besprechung der schichtigen Lagerstätten werden folgende zwei Gesichtspunkte zugrunde gelegt werden:

1. Ihr räumliches Verhalten: ihre Form, Ausdehnung, Lage im Raum, Verknüpfung mit dem Nebengestein, Lagerungsverhältnisse usw.
2. Ihre stofflichen Eigenschaften: ihre mineralogische und strukturelle Beschaffenheit.

### Das räumliche Verhalten der schichtigen Lagerstätten.

Bezüglich der **Form** ist der Typus dieser Lagerstätten die Schicht, eine durch zwei annähernd parallele Flächen begrenzte Bodensatzbildung von großer Ausdehnung in zwei ursprünglich horizontalen oder fast horizontalen Richtungen und verhältnismäßig geringer Ausdehnung in einer dritten, also eine Platte. Unter der Mächtigkeit versteht man die Ausdehnung rechtwinkelig zu den Schichtflächen; das Liegende sind die unter der Schicht liegenden, im normalen Falle älteren, das Hangende die überlagernden, im normalen Falle jüngeren Gesteine. Liegendes und Hangendes bilden zusammen das Nebengestein.

Der deutsche Bergmann bezeichnet die schichtige Lagerstätte bald als Flöz, bald als Lager; in anderen Sprachen ist eine ähnliche Unterscheidung nicht bekannt. Der Unterschied ist nicht scharf, in der Praxis mehr oder weniger willkürlich und lokal, der Umfang der Bezeichnungen ein verschiedener. Zumeist

gründet sich indessen die Unterscheidung wohl auf das Alter und die Form der Gebirgslieder. So bezeichnet v. Cotta als Lager erhaltige Glieder der älteren Schiefer oder Schichtgesteine, besonders wenn ihre Form mehr oder weniger unregelmäßig ist, als Flöze dagegen mehr regelmäßige, plattenförmige Ablagerungen in jüngeren, versteinierungsführenden Schichten. v. Groddeck

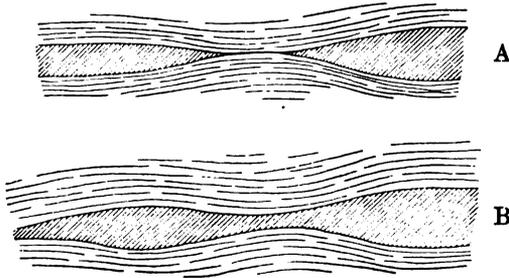


Fig. 13. Das Lager „verdrückt sich“ (A) oder „schwillt an“ (B), je nachdem die geringere oder größere Mächtigkeit der normalen Dicke entspricht.

rechnet unter ähnlichen Gesichtspunkten diejenigen Ablagerungen zu den Lagern, welche bei wechselnder Mächtigkeit nur geringe Flächenräume einnehmen, während er unter Flözen solche versteht, deren Mächtigkeit bei großer, wesentlich ununterbrochener Ausbreitung über große Flächen eine ziemlich konstante und verhältnismäßig geringe ist.

Wie gesagt, ist die regelmäßige Schicht nur der Typus der schichtigen Lagerstätten; die Gestalt der letzteren aber kann eine viel mannigfachere sein, und man hat in dieser Hinsicht das folgende zu beachten. Die Mächtigkeit einer erzführenden Schicht kann wechseln, derart, daß sich Sohle und Dach derselben bald nähern, bald voneinander entfernen. Man spricht dann von einer „Anschwellung“ oder, wenn die Schicht schwächer wird, von einer „Verdrückung“ (Fig. 13);<sup>1)</sup> diese letztere kann bis zu einer vollkommenen Unterbrechung der Lagerstätte führen, wobei häufig

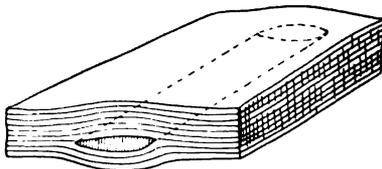


Fig. 14. Ein „Erzlineal“.

eine Schichtfuge von dem einen Erzkörper zum anderen hinüberleitet. Nimmt die Mächtigkeit einer Lagerstätte rasch und nach verschiedenen Richtungen ziemlich gleichmäßig ab, so spricht man von einer Linse. Unter Linealen versteht man solche schichtige Lagerstätten, welche bei linsenförmigem Querschnitt sehr lang ausgedehnt, also nicht flächenförmig,

sondern linear entwickelt sind (Fig. 14). Als Nester und Butzen bezeichnet der Sprachgebrauch unregelmäßige Einschlüsse, welche mit dem Nebengestein mehr oder weniger verwachsen sind und etwa die gleiche Festigkeit besitzen wie dieses. Dagegen sind Nieren derbe Konkretionen, zäher und härter als das Nebengestein und deshalb mehr oder weniger leicht aus diesem auswitternd. Beispiele für Erznieren sind die Toneisensteingeoden vieler toniger Sedimente;

<sup>1)</sup> In diesem Sinne liegt einer „Verdrückung“ eine primäre, mit dem Bildungsvorgang der Lagerstätte zusammenhängende Erscheinung, nicht aber ein späterer mechanischer Vorgang zugrunde. Allerdings ist es häufig sehr schwer oder unmöglich, die eine oder andere Ursache der „Verdrückung“ zu erkennen.

sie erfüllen zu vielen nebeneinander- und übereinanderliegend ganze Schichten, und eine Lagerstätte kann aus lauter solchen Nieren bestehen (Fig. 15, 16). Unregelmäßig geformte Erzmassen von größeren Dimensionen bezeichnet man als Stöcke („Lagerstöcke“).

Von Lagern, Linsen, Linealen usw. pflegt man im allgemeinen nur dann zu reden, wenn die betreffende Lagerstätte ihrer ganzen Masse nach mehr oder weniger auffällig vom Nebengestein verschieden und deshalb auch scharf von demselben abgegrenzt ist (z. B. ein Kalksteinlager im Glimmerschiefer, eine Magnetitlinse im Gneis, ein Kieslineal im Glimmerschiefer usw.). Wenn dagegen die schichtige Lagerstätte der Hauptsache nach mit den liegenden und hangenden Schichten gleichartig ist und sich von jenen nur dadurch unterscheidet, daß sich in ihr Erze lediglich in Form einzelner Körner, Kristalle, Schmitzen und Nieren finden, also nur den Charakter akzessorischer Bestandteile haben, so bezeichnet man die Lagerstätte nach dem Gebrauch der norwegischen Bergleute als Fahlbänd (z. B. Kobaltfahlbänd, Magnetkiesfahlbänd).



Fig. 15. Nieren.

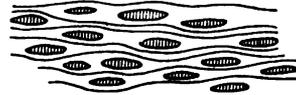


Fig. 16. Nieren.

v. Cotta<sup>1)</sup> und Grimm<sup>2)</sup> nennen solche Erzvorkommnisse teilweise „selbständige Imprägnationen“, v. Groddeck<sup>3)</sup> führt sie als „Ausscheidungsflöze“ an, d. s. Schichten mit gleichzeitig entstandenen Erzausscheidungen im Gegensatz zu solchen mit späteren Eindringlingen, welche er Einsprengungen oder Imprägnationen nennt.

In der Praxis mag es eine Berechtigung haben, entsprechend dem ursprünglichen Gebrauch des Wortes die Bezeichnung Fahlbänd nur auf erzführende kristalline Schiefer anzuwenden, vom rein wissenschaftlichen Standpunkt betrachtet liegt darin aber eine Willkür. Sachlich sind die norwegischen Kiesfahlbänder, die Mansfelder Kupferschiefer oder die Bleiglanzlagerstätten im Commerner Buntsandstein dasselbe. Wer über die späteren Veränderungen, welche die Lagerstätten insbesondere durch die Regionalmetamorphose erfahren haben, hinwegsieht, wird als Fahlbänder eine größere Zahl nach Alter und Stoffinhalt verschiedener Lagerstätten zusammenfassen dürfen, welche die mehr oder weniger feine Verteilung der Erze durch den schichtigen Gesteinskörper miteinander gemeinsam haben.

Die absoluten **Dimensionen** der schichtigen Lagerstätten sind sehr verschieden und im gefalteten Gebirge sehr häufig das Ergebnis der Faltung, Zerrung und Pressung. So breitet sich z. B. das thüringische Kupferschiefer-

<sup>1)</sup> Erzlagerstätten, I, 205, 206, 208 ff.

<sup>2)</sup> Lagerstätten, 20.

<sup>3)</sup> Erzlagerstätten. 84.

flöz bei einer mittleren Mächtigkeit von 40 cm über viele hundert Quadratmeilen aus. Die skandinavischen Kieslineale bei Röros werden dagegen 1200 bis 1900 m lang, 100—350 m breit und 1—8 m mächtig.

Ihre **Lage im Raum** wird, wie bei allen plattenförmigen Gebirgsgliedern, bestimmt durch das Streichen, d. i. der Winkel, welchen die in der Schichtebene verlaufende Horizontale mit dem Meridian bildet, und durch das Fallen, d. i. der Winkel, welchen die auf dem Streichen senkrechte, die größte Schichtneigung bezeichnende Richtung mit der Horizontalebene bildet (Fig. 17). Der Sinn des Fallens, welches nach beiden Seiten der Streichrichtung statthaben kann, wird durch die allgemeine Angabe der Himmelsrichtung angedeutet. Man unterscheidet, wenn die Schicht keine wirkliche Ebene, sondern eine mehr oder weniger gebogene

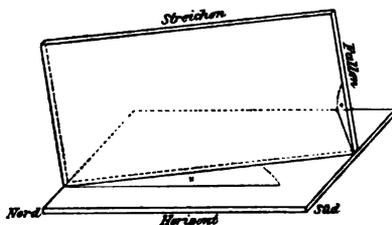


Fig. 17. x Winkel des Streichens; + Einfallswinkel.

Fläche darstellt, das spezielle Streichen und Fallen eines bestimmten Abschnittes von dem allgemeinen, welches die Lage der Fläche im großen Ganzen feststellt (Generalstreichen und -Fallen).

Es ist wichtig, zwischen observiertem und reduziertem Streichen zu unterscheiden; ersteres bezieht sich auf den magnetischen, nach Ort und Zeit

veränderlichen, letzteres auf den unveränderlichen astronomischen Meridian.

Bekanntlich ändert sich die magnetische Deklination von Jahr zu Jahr um den kleinen Betrag von etwa 7'; ist das wirkliche Streichen einer Schicht N 40° O, so hätte sich für das observierte Streichen zu Freiberg im Laufe der Jahre folgender Wechsel ergeben:

	Deklination	Obs. Str.
1575 . . . . .	8° 30' östl.	N 31° 30' O.
1649 . . . . .	1° 42' "	" 38° 18' "
<b>1655</b> . . . . .	<b>0</b>	" <b>40°</b> "
1663 . . . . .	2° 8' westl.	" 42° 8' "
1811 . . . . .	19° 23' " (Maximum)	" 59° 23' "
1876 . . . . .	11° 52' "	" 51° 52' "
1890 . . . . .	10° 36' "	" 50° 36' "
1893 . . . . .	10° 23' "	" 50° 23' "
1898 . . . . .	9° 59' "	" 49° 50' "

Für Clausthal finden sich ähnliche Zahlen, z. B.

	Deklination	Obs. Str.
1652 . . . . .	1° 14' östl.	N 38° 46' O.
<b>1667</b> . . . . .	<b>etwa 0</b>	<b>etwa 40°</b>
1673 . . . . .	3° 47' westl.	" 43° 47' "
1786 . . . . .	18° 50' "	" 58° 50' "
1800 . . . . .	19° 47' "	" 59° 47' "
1811 . . . . .	19° 19' "	" 59° 19' "
1868 . . . . .	14° 37' "	" 54° 37' "
1876 . . . . .	13° 36' "	" 53° 36' "
1884 . . . . .	12° 44' "	" 52° 44' "
1890 . . . . .	12° 14' "	" 52° 14' "
1893 . . . . .	11° 50' "	" 51° 50' "
1903 . . . . .	10° 45' "	" 50° 45' "

Die genaue Kenntnis der Deklination zu verschiedenen Zeiten ist wünschenswert, wenn man es mit alten Rissen zu tun hat, welche nur auf Grund der observierten Streichrichtungen entworfen worden sind.

Bezüglich der Messung des Fallens sei noch darauf aufmerksam gemacht, daß die oben gegebene Bezeichnung zwar die allgemein übliche ist, daß aber doch auch in Ländern, wo große Abweichungen der Lager und Gänge von der Horizontalen gewöhnlich sind, der (kleinere) Winkel des Schichtfallens mit der Vertikalen als das Einfallen bezeichnet wird (z. B. in Schweden). Man bezeichnet im Englischen diesen Winkel als „the hade“ oder „underlie, underlay“. Der Winkel des „underlie“ ist also der Komplementwinkel zum Winkel des „dip“, d. i. des Einfallswinkels nach deutscher Bezeichnungsart.

**Verband der schichtigen Lagerstätten mit dem Nebengestein.** Wenn eine Schicht eine Schichtenreihe ohne weitere Bedeckung nach oben abschließt, so sagt man, sie ist aufgelagert. Wird sie von anderen bedeckt, so ist sie eingelagert. Schiebt sich eine Schicht tauben Gesteines in ein Lager ein, so spricht man von einem Zwischenmittel (Scheeren oder Packen) und von einer Gabelung des Lagers.

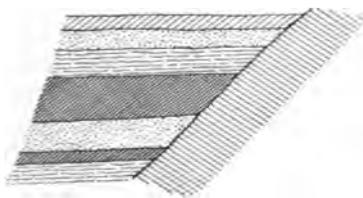


Fig. 18. Die Schichten „stoßen ab“.  
(Gaetzschmann.)

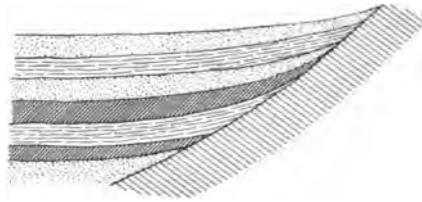


Fig. 19. Anlagerung. (Gaetzschmann.)

Dort, wo sich das Lager unter allmählicher Verringerung seiner Mächtigkeit als Schicht im umhüllenden Gestein verliert, keilt es sich aus oder spitzt es sich aus. Bei allmählichem Übergang der Lagermassen in das Nebengestein spricht man von Vertauben oder Verrohwerden. Letzterer Ausdruck ist in Österreich für die Verarmung eines Spateisensteinlagers beim Übergang in tauben Kalkstein in Gebrauch. Die Schicht als solche setzt dann wohl fort, wird aber taub.

Ein Lager „stößt ab“, wenn es unvermittelt an einer Kluft oder an einer Wand älteren Gesteines endigt (Fig. 18). Ein Schichtenabsatz über stark geneigter Unterlage führt zur Anlagerung (Fig. 19).

Unter dem Ausbiß oder Ausstrich versteht man den Durchschnitt des Lagers mit der jetzigen Gebirgsoberfläche. Er kann verdeckt, d. h. durch jüngere Ablagerungen, z. B. Alluvium, überschüttet, oder offen sein.

Gegen das Liegende und Hangende ist die Erzführung entweder scharf abgegrenzt oder sie geht in dieselben über und in ihnen verloren. Ersteres deutet auf einen jähen Wechsel in der Bodensatzbeschaffenheit hin (ähnlich der Bildung von in sich geschlossenen Kohlenflözen zwischen Schiefer-ton und Sandstein); im zweiten Falle erreichte der Absatz der metallführenden Substanz allmählich ein Maximum, um ebenso stetig wieder abzunehmen; ein Beispiel

hierfür sind die norwegischen Fahlbänder und viele Kieslager. Auch beim Kupferschiefer verliert sich der Erzgehalt nach oben allmählich.

Die Lager finden sich bald vereinzelt, bald zu mehreren neben- und übereinander vor. Das gesellige Auftreten der Lager in ein und derselben Gebirgsformation ist das häufigere. Naumann<sup>1)</sup> unterscheidet dann:

Lagerzüge, bei einer Anhäufung im Streichen;

Lagersysteme, bei einer Wiederholung in vertikaler Richtung.

Als Beispiel eines Lagerzuges im kleinen könnten die Toneisenknollen dienen, welche manchen Horizonten des norddeutschen Jura in großer Menge eingelagert sind. Ein Beispiel für Lagersysteme sind die Sphärosideritflöze, welche nach Gerh. vom Rath in der Kreideformation des Teschener Kreises auftreten; 51 solche Flöze von 5—7, seltener von 10—15 cm Mächtigkeit liegen dort übereinander.<sup>2)</sup> Im Lias des Teutoburgerwaldes trifft man in 50 übereinanderliegenden Horizonten Toneisensteinnieren und zwei zusammen 2,20 m mächtige Toneisensteinlager.<sup>3)</sup>

Bezüglich der Lagerungsverhältnisse sei hier vor allem auf die Lehrbücher der Geologie und der Bergbaukunde verwiesen und nur das Wichtigste wiederholt.

Die Schichten lagern horizontal oder geneigt; in letzterem Fall zeigen sie einen gerad- oder einen umlaufenden Schichtenaufbau, je nachdem ihr Streichen konstant bleibt oder sich in dem gleichen Sinne ändert, so daß es einen Bogen oder eine in sich zurücklaufende Linie bildet. Eine wirklich horizontale Lagerung ist, wenigstens auf große Ausdehnung, naturgemäß selten. Denn da die Schichten Bodensatzbildungen in Meeresbecken, Seen, Buchten und an Küsten darstellen, so wird im großen ihre Lagerung eine muldenförmige sein; war der Untergrund uneben, so entstand eine kuppelförmige Lagerung, die sich mehr und mehr in den hangendsten Schichten verwischt und in die annähernd horizontale übergeht. Während das Maximum des Böschungswinkels für trocknen Sand in Luft ungefähr 35° beträgt, ist jener für die unter Wasser abgelagerten Massen ein geringerer, nämlich nach v. Cotta<sup>4)</sup> für:

Konglomeratschichten . . . . .	10—15°,
Sandsteine . . . . .	15—20°,
tonige Ablagerungen . . . . .	20—30°.

Betrachtet man kleine Teilstücke einer größeren Mulde in einem Grubenfeld, so werden diese mehr oder weniger flach lagern und einen geradlaufenden Schichtenbau zeigen. Daß eine Mulde vorliegt, kommt erst bei einem Blick auf die gesamte Ausdehnung der Schichten zur deutlichen Erscheinung.

Unter Muldenlinie versteht man die Verbindungslinie aller tiefsten Punkte der Mulde, unter Muldenachse die Projektion der Muldenlinie auf die Horizontalebene. Die zu beiden Seiten der Muldenlinie gelegenen Schichten

<sup>1)</sup> Geognosie, 2. Aufl., III, 469.

<sup>2)</sup> Sitzungsber. der niederrh. Gesellsch. f. Nat. und Heilkunde, 1876, XXXIII, 142.

<sup>3)</sup> v. Groddeck, Erzlagerstätten, 89.

<sup>4)</sup> Lehre von den Flötzformationen, 1856, 12—13.

heißt man die beiden Muldenflügel; wo ihre Streichlinien zusammentreffen, liegen die Muldenwendungen. Als Beispiel einer offenen Mulde kann die Lagerung des Mansfelder Kupferschiefers gelten.<sup>1)</sup> Die Muldenflügel lehnen sich im Südwesten und Nordosten an den Hornburger bezw. an den Rothenburger Sattel an, die Muldenwendung liegt im Nordwesten bei Hettstedt, die Mulde ist gegen Südosten zu geöffnet. Die Mansfelder Mulde könnte als eine Muldenbucht der großen thüringischen Kupferschiefermulde im allgemeinen gelten. Eine Hauptmulde kann seitlich in Nebenmulden verlaufen.

Das über die Mulde Gesagte gilt in ganz analoger Weise auch für die kuppenförmigen natürlichen Lagerungsformen, welche durch Überdeckung einer Bodenschwellung entstanden sein können, nämlich der Sättel.

Mulden und Sättel sind seltener ursprüngliche Bildungen, zumeist sind diese Formen der Schichtlagerung vielmehr auf Störungen zurückzuführen. Gebirgsstörungen<sup>2)</sup> können bestehen:

a) in einer Aufrichtung einer Scholle unter Beibehaltung ihrer ebenflächigen Ausdehnung. Fällt ein Lager ungefähr senkrecht ein, so steht es „auf dem Kopfe“; überkippt ist die Schichtenfolge, wenn die Aufrichtung einen größeren Winkel als 90° beträgt, so daß die älteren Schichten das Hangende, die jüngeren das Liegende bilden;

<sup>1)</sup> Dieselbe ist allerdings nicht primärer Entstehung, sondern infolge späterer Emporwölbung der zwei benannten Sättel gebildet.

<sup>2)</sup> Eine ausführliche Behandlung der Flözstörungen bleibt den Lehrbüchern und Spezialarbeiten über Bergbaukunde vorbehalten, um so mehr als die hier vorzugsweise in Betracht kommenden Kohlenflöze außerhalb des Rahmens dieser Erzlagerstättenlehre liegen. Siehe übrigens:

Zimmermann, Die Wiederausrichtung verworfener Gänge, Lager und Flötze, 1828.

von Carnall, Die Sprünge im Steinkohlengebirge; Karst. Arch. f. Min. Geogn. Bergb. u. Hüttenk., IX, 1836, 3—216.

Köhler, Die Störungen der Gänge, Flötze und Lager, 1886. — Ders., Bergbaukunde, 6. Aufl., 1903. — Ders., Verschiebungen von Lagerstätten und Gesteinschichten; Ztschr. f. d. Berg-, Hütten- u. Sal.-Wesen, XXXIII, 1885, 87—98. — Ders., Über die Störungen im westfälischen Steinkohlengebirge und deren Entstehung; ebenda XXVIII, 1880, 195—210. — Ders., Die Störungen im Rammelsberger Erzlager bei Goslar; ebenda XXX, 1882, 31—43.

Cremer, Die Überschiebungen des westfälischen Steinkohlengebirges. Ein Beitrag zur dynamischen und architektonischen Geologie; „Glück auf“, XXX, 1894, 1089, 1107, 1125, 1150, 1717, 1799. Siehe dazu die Bemerkungen von Stapff, Ztschr. f. pr. Geol., 1894, 418—421; von Cremer, ebenda 465—466, und von Köhler, „Glück auf“, XXX, 1894, 1615, 1654.

Dannenberg, Über Verwerfungen, 1884.

Heim, Untersuchungen über den Mechanismus der Gebirgsbildung, 1878.

Rothpletz, Geotektonische Probleme, 1894. — Ders., Das geotektonische Problem der Glarner Alpen. Mit Atlas. 1898.

Dufrane-Demanet, Traité d'exploitation des mines de houille, 2. Auflage, I, 1898.

de Margerie und Heim, Die Dislokationen der Erdkrinde. Versuch einer Definition und Bezeichnung, 1888.

b) in einer Biegung, Faltung und Knickung. Die moderne Geologie sucht die Ursachen derselben in dem tangentialen Gewölbedruck der Erdkruste; dieser soll seinerseits dadurch erzeugt werden, daß das Erdinnere durch Wärmeabgabe rascher schrumpft als die letztere.

Jeder Faltenzug besteht aus Sätteln oder Gewölben (Antiklinalen) und aus Mulden oder Rinnen (Synklinalen); ist eine Falte überkippt, so spricht man von heteroklinalem Bau. Innerhalb eines weiten Gebietes unterscheidet man die Hauptmulden und -Sättel, welche dem Gebirge seinen tektonischen Charakter verleihen, und die Spezialmulden und -Sättel, welche innerhalb der ersteren eine mehr untergeordnete Rolle spielen (so z. B. besonders im westfälischen Steinkohlengebirge).

Der muldenförmige Bau eines weiteren Gebietes kann nach obigem ein primärer, ursprünglicher oder ein sekundärer, durch nachträgliche Gebirgs-

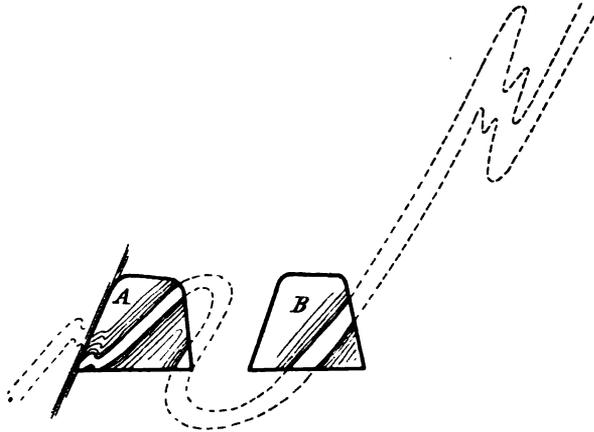


Fig. 20. Das scheinbare Auftreten mehrerer Lager und eine örtliche abnorme Mächtigkeit erklärt sich aus der Faltung eines Lagers. Kieslager im Rammelsberg bei Goslar. (Köhler, 1882.)

störungen hervorgerufen sein. Eine Unterscheidung, ob es sich um den einen oder den anderen Fall handelt, ist möglich:

mit Rücksicht auf das Schichtenfallen, welches in einer primären Mulde im Maximum nur  $30^\circ$  erreichen dürfte;

mit Rücksicht auf den Verlauf der Schichten und ihre petrographischen Veränderungen; in einer primären, durch Ausfüllung eines Beckens entstandenen Mulde besteht die Neigung zu einem gleichgerichteten Auskeilen der Sedimente gegen außen, einer Zunahme der Mächtigkeit gegen die Muldenmitte. Nahe dem Rande einer primären Mulde können sich klastische Sedimente in der Weise ändern, daß pelitische Gesteine (z. B. Tonschiefer) in psammitische (Sandsteine oder Konglomerate) übergehen.

Nicht selten beobachtet man im Scheitel einer sekundären Mulde Brucherscheinungen (Gewirr) oder untergeordnete schärfere Knickungen und Quetschungen.

Der nach der Tiefe oder mit Stollen vordringende Abbau scheint manchmal mehrere über- oder hintereinanderliegende Lager zu durchfahren, während es sich nur um eine Wiederholung solcher in gefaltetem Gebirge handelt. Ein genaueres Studium und ein Vergleich der Liegend- und Hangendgesteine vermag des öfteren die wahre Sachlage aufzuklären.

Mitunter ist einer der Faltenflügel beträchtlich schwächer als das normale gefaltete Lager, was dann in einer Zerrung und einer Ausquetschung seine Ursache hat; man spricht dann von einem ausgequetschten Mittelschenkel.

\* Eine solche Zerrung kann zu einer Zerreißung des Mittelschenkels führen, und eine weitere Entfernung der beiden anderen Schenkel geschieht dann als Überschiebung längs einer Fläche, welche in die Ebene des ehemaligen Mittelschenkels fällt. Der ganze Vorgang schließt zunächst die Entstehung einer Kluft oder Spalte aus, denn er ist die Folge eines mächtigen Druckes. Längs der Überschiebungsfläche findet vielmehr eine Zermalmung des Gesteines und häufig eine feinste Fältelung der Schichten statt. Derlei Erscheinungen sind charakteristisch für die sog. „faulen Ruscheln“ des Harzer Bergmanns, welche in



Fig. 21. Zusammenstauchung, Zerrung und Faltung des Rammelsberger Kieslagers. Bei *i*, *k* und *l* haben unbedeutende Abfaltungen stattgefunden. (Köhler, 1882.)

vielen Fällen solche „Faltenverwerfungen“ darstellen dürften (Fig. 22). Auch das „faule Gebirge“, die „Fäulen“, der „Stuff“, die „Lettenklüfte“ und wie ähnliche Dinge in den verschiedenen Gegenden bezeichnet werden, mögen manchmal ähnlicher Entstehung sein.

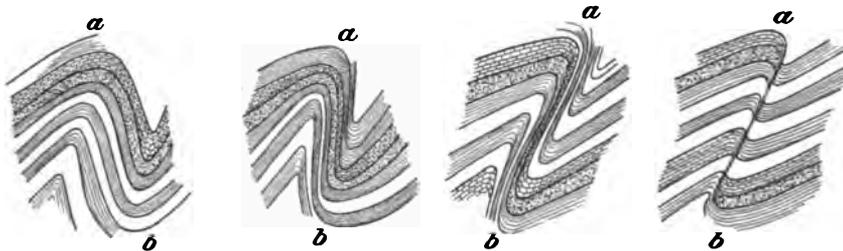


Fig. 22. Entstehung einer Faltenverwerfung. *ab* Mittelschenkel. (Heim, 1878.)

vielen Fällen solche „Faltenverwerfungen“ darstellen dürften (Fig. 22). Auch das „faule Gebirge“, die „Fäulen“, der „Stuff“, die „Lettenklüfte“ und wie ähnliche Dinge in den verschiedenen Gegenden bezeichnet werden, mögen manchmal ähnlicher Entstehung sein.

Stauchungen (Zusammenschiebungen), oft verbunden mit „Abfaltungen“, welche letztere dann manchmal den Eindruck von Gängen oder Apophysen erwecken, wie dies das „Hangende Trum“ des Rammelsberger Kieslagers und die Fig. 21 u. 23—26 zeigen, sind sicherlich sehr häufige Erscheinungen an solchen ursprünglich mehr oder weniger plattenförmigen Lagerstätten, die später einem sehr heftigen Gebirgsdruck ausgesetzt worden sind. Besonders die komplizierten

Einfaltungen und Einpressungen tauben Gebirgs in die derben Erzmassen, die Durcheinanderwürgung von Schiefen und Erzmassen können bei oberflächlicher Betrachtung zu ganz falschen Schlüssen über die ursprüngliche Gestalt und

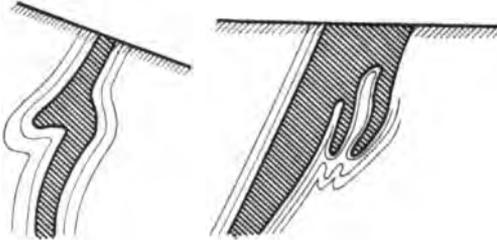


Fig. 23.

Fig. 24.

Fig. 23. Abfaltung an der „Grande masse“, einem Steinkohlenflöz von Ricamarie bei St. Etienne. (Nach Köhlers Auffassung einer Figur in Demanets Exploitation des Mines de Houille.)

Fig. 24. Das Steinkohlenflöz von Montchanin bei Creusot. (Nach Demanet und Köhler.) Das Flöz ist 30 bis 60 m mächtig und kaum 600 m lang.

Entstehungsweise der Lagerstätten führen. Durch den Gebirgsdruck können ursprünglich zusammenhängende Massen zu Einzel-linsen zerrissen und diese selbst einseitig gestreckt oder zusammengestaucht werden; Stücke des Nebengesteines können in die Erzmassen hineingearbeitet, das Ansehen der letzteren kann sogar brecciös werden. Durch Quetschungen kann die ursprüngliche Konkordanz zwischen derben Erzkörpern

und leichter verschiebbaren Schiefen gestört werden, ebensogut wie es denkbar ist, daß dadurch eine scheinbare Konkordanz zwischen ursprünglich diskordanten Gebirgsgliedern nachträglich erzeugt wird. So werden sich jedenfalls dünn-schichtige Gesteine um einen massigen Gesteinskörper herumlegen und sich dessen Gestalt mantelförmig anschmiegen, wenn beide einer auswalzenden Pressung

ausgesetzt werden, der das massige Gestein vermöge seiner Festigkeit nicht in dem Maße zu folgen vermag, wie die nachgiebigen geschichteten oder geschieferten Massen. Immer ist zu beachten, daß derbe ungeschichtete Massen den gebirgsbildenden Vorgängen andere Widerstände entgegensetzen, als leicht faltbare, schon wegen der Schichtflächen leicht in sich verschiebbare Schichtkomplexe,<sup>1)</sup> und daß schon dadurch in stark gefalteten Gebieten der Grund für

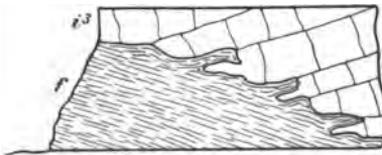


Fig. 25. Profil an der Luchsinger Schwefelquelle bei Linththal in Glarus. „Im Dach der stark brecciöse Malmkalk (M), darunter Flysch (F), der nahe dem Kontakt stark zerknittert und zungenförmig in den Kalk hereingepreßt ist.“ 1:100. (Rothpletz, 1894.)

allerlei besondere Lagerungs- und Formenverhältnisse gesucht werden darf. An Erscheinungen, welche insbesondere der Alpengeologie schon lange bekannt sind, dort aber nur mit vieler Mühe oder gar nicht im kleinen verfolgt werden können, sollte gerade der Bergmann nicht achtungslos vorbeigehen.

<sup>1)</sup> Vergl. die sog. „Klippen“, d. s. massige, teilweise durch die Gebirgsfaltung hervorgewürgte Kalke höheren Alters inmitten von Sandsteinen, Tonschiefern usw. Der oberdevonische Massenkalk des Ibers im Oberharz ist wohl auch infolge der Gebirgsfaltung gewissermaßen aus dem Kulm herausgehoben worden.

Des weiteren ist wohl zu bedenken, daß gewisse Erze, wie Kupferkies und Bleiglanz, durch eine besondere Milde ausgezeichnet sind und dem Gebirgsdruck

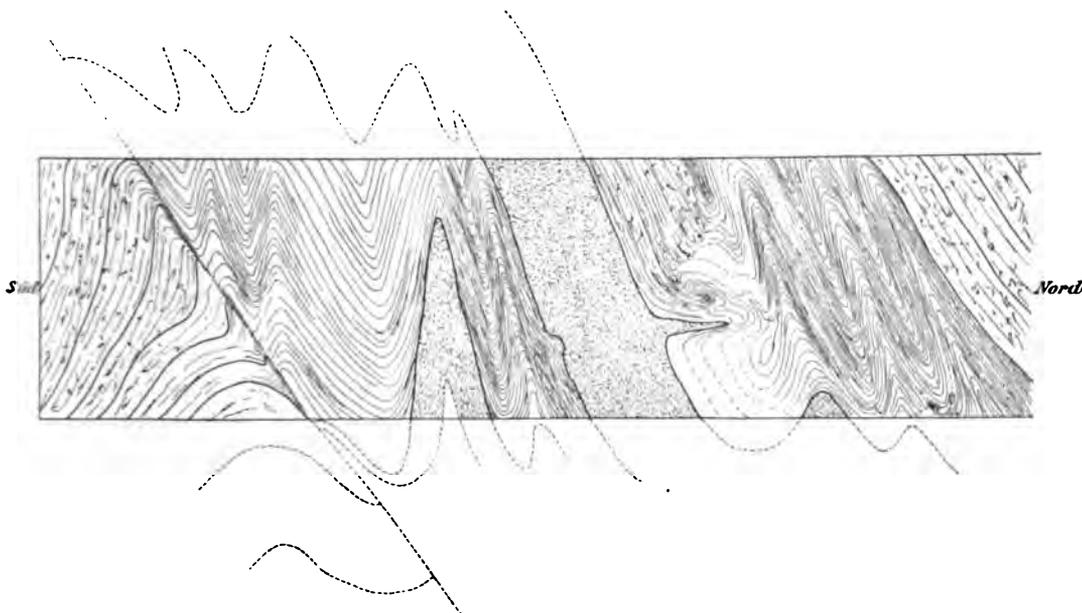


Fig. 26. Fältelungen des Schiefertons, apophysenartige Abfaltung der Steinkohle und Überschiebung durch Faltenverwerfung auf der Zeche Julius Philipp bei Bochum. 1:65. (Köhler, 1880.)

gegenüber sich plastischer verhalten müssen, als ihr Nebengestein. So liefert das Kieslager des Rammelsbergs wie im großen so im kleinsten Maßstabe ein

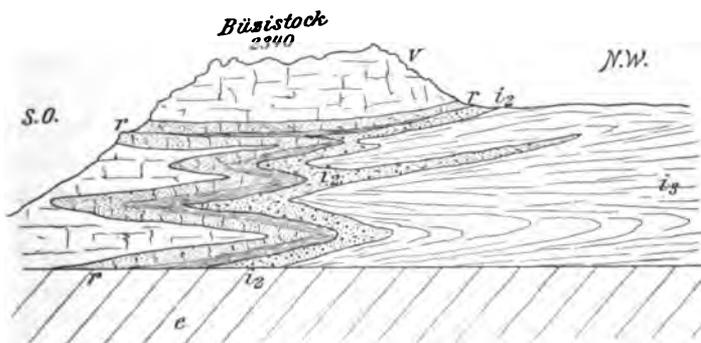


Fig. 27. Profil durch den Büsistock bei Linthal in Glarus. v Sernft oder Verrucano, r Röthl-dolomit und Quartenschiefer, i Dogger, i<sub>2</sub> Malm. (Nach Rothpletz, Geologischer Querschnitt durch die Ostalpen, nebst Anhang über die sog. Glarner Doppelfalte, 1894.)

prächtiges Beispiel für die außerordentliche Schmiegsamkeit besonders jener beiden Erze gegenüber dem Gebirgsdruck.

Es ist leicht verständlich, daß sich gerade nahe der Grenze zwischen Schiefeln und massig entwickelten Einlagerungen von Erzkörpern in stark ge-

faltetem und gepreßtem Gebirge Quetschungs- und Zermalmungszonen von manchmal beträchtlicher Ausdehnung vorfinden müssen, und daß solche auch innerhalb der Erzmassen selbst noch angetroffen werden können. Das Kieslager des



Fig. 28. Abquetschung durch Faltung. (de Margerie und Heim, 1888.)

Rammelsbergs bei Goslar ist ein Beispiel dieser Art; ferner dürften auch die „Skölar“, welche in Schweden die verschiedensten stockförmigen Lagerstätten umhüllen und durchsetzen, als solche gepreßte und zermalmte Massen aufzufassen sein, die allerdings im Laufe der Zeit umkristallisiert sind und das Aussehen kristalliner Schiefer

angenommen haben. Gegenüber der walzenden und faltenden Tätigkeit verhalten sich eben solche kompakte Einlagerungen, drastisch ausgedrückt, gewissermaßen wie unverdauliche Brocken. \*

e) Störung durch Spaltung und darauffolgende Bewegung (Verwerfungen, Spaltenverwerfungen).

Diese Arten von Störungen werden später bei der Besprechung der Gänge eingehender erörtert werden, weil die Erzgänge selbst ihr Dasein solchen Störungen verdanken und in sich eine Reihe besonderer damit zusammenhängender Erscheinungen beobachten lassen. Hier finde zunächst nur das Wichtigste Platz.

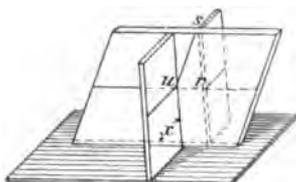


Fig. 29. Querschlägige Verwerfung.  $z$  Sprungwinkel,  $su$  flache Sprunghöhe,  $ru$  Seitenverschiebung. (von Groddeck.)

Die Lösung des Zusammenhanges erfolgt durch Entstehung einer Spalte (Verwerfer, Verwerfungsspalte oder Sprungkluft); da dieselbe die Folge irgend einer Spannung ist, so muß längs der Spalte eine Bewegung stattfinden, wobei meistens der der Verschiebungsfläche aufliegende Teil des Gebirges tiefer zu liegen kommt, als das Liegende derselben. Die verschiedene Lage des Verwerfers zum Streichen und Fallen der Schichten bedingt eine große Mannigfaltigkeit der Erscheinungen und Benennungen. Man unterscheidet mit Hinsicht auf das

Streichen<sup>1)</sup>

querschlägige Sprünge oder Verwerfungen, wenn Flöz und Sprungkluft ungefähr rechtwinklig zueinander streichen;

streichende Verwerfungen, wenn das Streichen von Flöz und Sprung annähernd dasselbe ist;

spießeckige Verwerfungen, wenn Flöz und Sprung weder parallel noch rechtwinklig zueinander streichen. Unter Sprungwinkel versteht

<sup>1)</sup> Siehe von Groddeck, Erzlagerstätten, 20 ff.

man den Winkel, welchen die Schnittlinie von Flöz und Sprungkluft mit dem Streichen der letzteren im Liegenden des Flözes bildet.

Mit Rücksicht auf das Fallen unterscheidet man:

rechtsinnige Sprünge, wenn Kluft und Flöz nach derselben Himmelsrichtung einfallen;

widersinnige Sprünge, wenn Kluft und Flöz nach verschiedenen Richtungen einfallen.

Nach der Lage der verworfenen Flözteile zur Sprungkluft unterscheidet man Sprünge oder Verwerfungen im engeren Sinne von Übersprüngen (in Westfalen „Wechsel“); bei ersteren hat eine relative Senkung, bei letzteren eine relative Aufwärtsbewegung des Hangenden der Kluft stattgefunden. Die Übersprünge tragen den Charakter von Überschiebungen.

Die Überschiebungen führen, besonders wenn die Überschiebungsfläche einen spitzeren Winkel mit den Flözteilen bildet, zu scheinbaren Doppelungen („Deckungen“), welche sich infolge mehrfacher Überschiebungen wiederholen können. Sie können aus Faltenverwerfungen hervorgehen (Fig. 33).<sup>1)</sup>

Von Staffelbrüchen spricht man, wenn das Gebirge von parallel verlaufenden Verwerfern derart durchsetzt wird, daß nach einer Richtung hin das gleiche Flöz in immer tieferes Niveau sinkt. Unter einem Horst versteht die Geologie den von abgesunkenen Schollen umgebenen Gebirgsteil. Mit Graben bezeichnet man langgestreckte Absenkungen zwischen zwei höher gelegenen Ge-

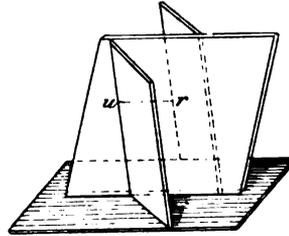


Fig. 30. Spießeckige Verwerfung.  
mit Seitenverschiebung.  
(von Groddeck.)

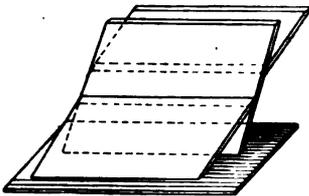


Fig. 31. Streichende, rechtsinnige  
Verwerfung. (von Groddeck.)

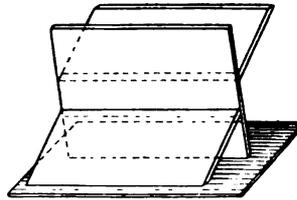


Fig. 32. Streichende, widersinnige  
Verwerfung. (von Groddeck.)

birgsteilen. Die letzteren können als „Ufer“ des Grabens bezeichnet werden, von denen aus häufig der Graben staffelförmig abgesunken ist.

Als Rücken bezeichnet der Kupferschieferbergbau alle Verwerfungen, welche die normale Lagerung des Kupferschieferflözes verändert haben. Besonders die „Rückengraben“ geben gute Beispiele für Grabenbrüche.

Da die Maßnahmen zur Wiederausrichtung der Verwerfungen einen wichtigen Gegenstand der Bergbaukunde bilden, so mag hier von einer Erörterung derselben abgesehen werden.

<sup>1)</sup> Siehe auch weiter unten das Profil durch das Meggener Kieslager.

Beiläufig sei hier an die Mächtigkeitsverringerung von oberflächlich und mehr oder weniger horizontal liegenden Flözen infolge einer Wegspülung erinnert; sie kann zu einem scheinbaren Auskeilen der einzelnen Flözreste führen. Eine Unterbrechung der gefalteten Lagerstätte tritt ferner häufig durch Abtragung



Fig. 83. Dreimaliges Auftreten eines Flözes infolge Überschiebung.

eines Schichtensattels ein. Solche Luftsättel sind nicht immer leicht als solche zu erkennen; zumal bei überkippter und sehr steil stehender Schichtenfolge glaubt man mitunter zwei oder mehrere Lager vor sich zu haben, während es sich in Wirklichkeit um die Flügel derselben Einlagerung handelt. Selbst sorgfältige petrographische und stratigraphische Untersuchungen im Liegenden und Hangenden der Flözteile vermögen die Zweifel nicht immer zu lösen.

Eine schichtige Lagerstätte kann aus folgenden primären und sekundären Ursachen ihre Endschaft finden:

1. durch Auskeilen, d. i. eine allmähliche Mächtigkeitsabnahme der Schicht;
2. durch Vertaubung. Die Schicht bleibt, aber ihr Erzgehalt wird mehr und mehr ärmer;
3. durch Abstoßen an einem älteren Gebirgsglied;
4. durch mechanische Verdrückung, Verquetschung, Auswalzung und Zerreißen;
5. durch Verwerfung oder Überschiebung;
6. durch Abrasion und Denudation des Ausbisses.

### Die stofflichen Eigenschaften der schichtigen Lagerstätten.

Die erzführenden Sedimente bestehen fast nie aus dem Nutzbaren allein, sondern zumeist ist Nutzbares mit Wertlosem oder mit Gesteinspartien gemengt.

Man unterscheidet bezüglich des **Stoffinhaltes**: Erzarten und Lagerarten (akzessorische Bestandmassen) bzw. Bergmittel.

Die primären Erzarten sind Oxyde, Hydroxyde, primäre Karbonate, Sulfide und seltener auch Silikate von Schwermetallen. Am verbreitetsten sind unter den letzteren das Eisen; Mangan, Zink, Kupfer und Blei, weniger verbreitet Silber und Gold, Nickel, Kobalt und Antimon.<sup>1)</sup> Gediegen Gold findet sich stellenweise, und eine beträchtliche Rolle spielen mitunter mit anderen Erzen zusammen oder für sich allein der Phosphorit, Korund und Schwefel.

<sup>1)</sup> Siehe das weiter unten über die Immigranten Gesagte.

In den an kristalline Schiefer gebundenen Erzlagern kommen als Lagerarten diejenigen Silikate vor, welche auch an der Zusammensetzung des Nebengesteines beteiligt sind, wie: Feldspat, Hornblende, Pyroxen, Glimmer, Talk, Chlorit, Epidot, Zoisit, Granat, Sphen u. a. Ferner sind verbreitet verschiedene Spinelle und manchmal Korund. Die meisten dieser Mineralen sind als Produkte einer Gangfüllung, d. h. als eigentliche und gleichzeitig gebildete Begleiter der die Gänge erfüllenden Erze nie beobachtet worden.<sup>1)</sup> Weitere Lagerarten sind: Karbonate von Kalk, Magnesia, Eisen und Mangan, Apatit, Graphit, Kohlenwasserstoffe und Schwerspat, der manchmal Strontian enthält. Von selteneren Stoffen hat das Vanadium einige Verbreitung. Im großen ganzen ist der Mineralreichtum der Lager viel geringer als derjenige der Gänge.

Gewisse Erze haben ihre hauptsächlichste Verbreitung auf den Lagern, so Kobaltglanz und Magnetkies; manche kommen als Gangmineral nur auf gewissen Erzgängen vor, wie der Magnetit, der hier als primäres Mineral nur auf den Zinnerzgängen und den typischen Kontaktlagerstätten auftritt, in den Erzlagern indessen außerordentlich verbreitet ist.

Als umfangreichere akzessorische Bestandmassen finden sich in den schichtigen Lagerstätten Gerölle, Versteinerungen, Bergmittel (z. B. sandige und schlammige Absätze) und in sehr stark gequetschten und gefalteten Erzkörpern auch Fragmente des Nebengesteines. Die Bergmittel können taube, parallel eingelagerte Gesteinsbänke und Linsen sein, die bereits früher als Packen erwähnt worden sind. Der primäre Bestand kann allerlei sekundäre Veränderungen erfahren:

a) Durch Umwandlung:

1. durch Einwirkung von Tagewässern und Atmosphärien; es bildet sich durch solche Einflüsse im Ausbiß der sog. eiserne Hut. Da diese Erscheinungen von hervorragenderer Bedeutung für die mineralogisch und stofflich viel mannigfacheren Erzgänge sind, so werden sie dort eine eingehendere Besprechung erfahren. Hier sei nur erinnert an die Umwandlung von Eisenspat in Brauneisen, von Mangansilikat (Rhodonit) in Braunstein, von Pyrit und Magnetkies in Brauneisen, von Kupferkies in wasserhaltige Kupferkarbonate (Malachit und Lazurit) und Brauneisen usw.;
2. \* durch regionalen Metamorphismus des die Lager umschließenden Gebirges. Die bei der Umkristallisation der Sedimente und Eruptivgesteine beteiligten Vorgänge sind nicht klargelegt und neuerdings wieder der Gegenstand lebhafter Meinungsverschiedenheiten. Einerseits ist die Zufuhr neuer chemischer Bestandteile zu den der Umkristallisation unterworfenen Gesteinen nicht ausgeschlossen, andererseits sind sicherlich die Hitze der Tiefenzonen und dabei ein sehr lange und heftig wirkender Gebirgsdruck, welcher die Bestandteile der gepreßten Schichten zwingt, in die Form von Mineralien mit möglichst hohem spezifischen Gewicht einzutreten, wichtige Faktoren. Es ist erwiesen, daß dabei Hydrate ihr

<sup>1)</sup> Von den Erzgängen führen hauptsächlich die Zinnerzgänge und manche genetisch damit verwandte einzelne Silikate der obigen Reihe.

Wasser verlieren können, und es ist höchst wahrscheinlich, daß auch manche Karbonate ihre Kohlensäure abgeben. Das scheint der Fall zu sein bei Spateisenstein ( $\text{FeCO}_3$ ), der übrigens infolge noch unaufgeklärter Prozesse dabei Sauerstoff aufnimmt und zu Magnetit oder Eisenglanz wird.<sup>1)</sup> Der Metallgehalt der Lagerstätte bleibt derselbe, aber die Art der Verbindungen kann sich ändern. Die Vorgänge der Molekularwanderungen innerhalb der zu neuen Verbindungen umkristallisierenden Mineralgemenge normaler Sedimente usw. bei ihrer Umwandlung in hochkristalline Schiefergesteine sind noch wenig bekannt. Ein aufmerksames mikroskopisches Studium der letzteren führt aber zu der Erkenntnis, daß auch hierbei ähnlich wie bei den Eruptivgesteinen, wenn auch nicht so vollkommen, eine Reihenfolge in der Bildung der einzelnen Gesteinsgemengteile besteht. Soweit Beobachtungen vorliegen, läßt sich jetzt schon sagen, daß eine solche Folge auch in bezug auf die in das Gemenge einbezogenen Metallverbindungen unter sich und im Verhältnis zu den Silikaten statthat. Es wird sich später Gelegenheit geben, darauf zurückzukommen; \*

3. durch Kontaktmetamorphose kann der Mineralcharakter sowohl der Erz- wie der Lagerarten sich geändert haben; unter Umständen können sogar neue Stoffe (z. B. Sulfide) zugeführt worden sein.

Als Beispiel von Eisensteinlagern, welche im Kontakt metamorphosiert worden sind, möge dasjenige vom Spitzenberg bei Altenau<sup>2)</sup> im Oberharz erwähnt werden. Das von Schalsteinen begleitete, dem Horizont des Stringocephalenkalkes angehörige Lager liegt im Kontaktbereich des Okergranits und ist zu granathaltigem Magneteisen geworden, in welchem noch die Crinoidenstiele, selbst teilweise in Granat verwandelt, zu erkennen sind. Ein weiteres Beispiel hat Le Neve Foster<sup>3)</sup> von der Haytor-Eisengrube, östlich von Dartmoor in Devonshire beschrieben. Die Grube baute drei Magneteisensteinlager ab, welche in Form von Bänken zwischen stark metamorphosierten (verkieselten) Schiefen und Sandsteinen der Kohlenformation auftreten. Die Metamorphose wird durch einen die Schichten durchsetzenden Granit bewirkt. Die Erzlager sind einschließlich der 0,3—0,6 m mächtigen Zwischenmittel 2—4 m mächtig; die metamorphosierten Schiefer sind reich an Hornblende, enthalten stellenweise auch viel Granat, Eisenkies usw.<sup>4)</sup>

<sup>1)</sup> \* Es ist recht bemerkenswert, daß das massenhafte Auftreten von Magnetkies auf die Erzlager der kristallinen Schieferformation beschränkt ist. Ob auch hierbei ein ähnlicher Prozeß im Spiele ist, der  $\text{FeS}_2$  in  $\text{FeS}$  verwandelt? \*

<sup>2)</sup> Lossen, Ztschr. d. deutsch. geol. Ges., XXIX, 1877, 206.

<sup>3)</sup> Notes on Haytor Iron-Mine; Quart. Journ. Geol. Soc., XXXI, 1875, 628—630.

<sup>4)</sup> Solche im Kontaktbereich eines Eruptivgesteines umgewandelten präexistierenden Lagerstätten sind selbstverständlich etwas anderes als die infolge einer Intrusion längs der Grenze zwischen Eruptivgestein und Nebengestein gebildeten epigenetischen Erzansiedelungen. Es liegt in der Natur der Sache, daß der Mineralbestand in beiden Fällen ein ähnlicher sein kann. Als Kontaktlagerstätten werden im folgenden nur die epigenetischen Erzvorkommnisse der letzteren Art bezeichnet (s. S. 40).

b) \* Von dem ursprünglichen stofflichen Inhalt einer schichtigen Lagerstätte sind die später eingewanderten Bestandteile zu scheiden. Solche Einwanderungen finden statt auf Klüften und Spalten, durch zirkulierende Wässer oder durch Pneumatolyse seitens benachbarter Tiefengesteine. Es ist denkbar, daß in sehr altem, vielfach gefaltetem Gebirge schon frühzeitig solche Einwanderungen stattgefunden haben, deren Charakter als solche sich heute kaum mehr feststellen läßt. Wie sich späterhin bei der Besprechung der Erzgänge zeigen wird, sind gerade die erzführenden Nebengesteine der Ansiedelung von Erzen auf den sie durchsetzenden Spalten günstig, indem sie zersetzend und ausfällend auf die in den letzteren zirkulierenden Lösungen einwirken. Man findet daher auch inmitten der Erzlager häufig erzführende Klüfte, die manchmal eine ganz andere Paragenesis aufweisen, als das Lager selbst (z. B. im Kieslager des Rammelsbergs bei Goslar, wo ziemlich häufig Fahlerz auf Klüften neben Kupferkies, Bleiglanz, Zinkblende, Kalkspat und Quarz vorkommt, oder auf den das Kupferschieferflöz von Mansfeld, Sangerhausen, Schweina, Riechelsdorf usw. durchsetzenden Gängen, welche stets Kobalt- und Nickelerze samt viel Schwerspat, aber gewöhnlich nur wenig Kupfer- und so gut wie keine Silbererze führen). \*

Bezüglich der gegenseitigen Verteilung von Erz- und Lagerart beobachtet man häufig, sofern nicht das Lager überhaupt aus fast oder ganz reinem Erz besteht, entweder eine vollkommen gleichmäßige Vermischung beider, oder die Lagerart ist in schichtigen Bändern und Bänken zwischen das Erz eingeschaltet, so daß auf solche Weise nicht selten eine Teilung der Erzmasse in Streifen, Nester oder Bänke stattfindet. Mitunter ist der Erzkörper umhüllt von einer mehr oder weniger tauben Schale eines Gesteines, welches sich von dem übrigen Nebengestein unterscheidet, so daß man sagen kann, das letztere nimmt in der Nähe der Erzmasse einen ganz spezifischen mineralogischen Charakter an. Solche schalenförmige Umhüllungen, die vielfach an Chlorit-, Amphibol- und Talkschiefer erinnern, sind am besten bekannt von verschiedenen schwedischen Eisenerz- und Kiesgruben und werden dort von alters her als „Skölar“ bezeichnet. Über ihre mögliche Entstehungsweise wurden schon auf S. 100 Andeutungen gemacht.

Etwas anderes ist der „Skarn“ der schwedischen Bergleute. Man versteht darunter fein- oder grobkristalline Gemenge von allerlei Kalk-Tonerdesilikaten, wie Granat, Pyroxen, Hornblende usw., welche z. B. für manche, besonders von Kalksteinen begleitete Magnetisenerzlager Schwedens geradezu charakteristisch sind. Sie umhüllen und begleiten die Erzkörper oder treten in diesen auf. Skarnähnliche Bildungen haben übrigens auch anderwärts besonders in Begleitung der Magnetisenerzlager eine weite Verbreitung. Ihr ganzes Auftreten erinnert an kontaktmetamorphe Gebilde.

Die Erzverteilung in einem Lager ist im allgemeinen eine so gleichmäßige, wie man sie bei der Entstehung des Erzes als Präzipitat aus Wässern voraussetzen hätte, in denen Metallsalze allenthalben in konstanter Vermischung gelöst waren. In dieser Gleichförmigkeit beruht auch eine größere Gleichmäßigkeit des Betriebes, der nicht in dem Maße von veränderlichem Adel und anderen Wechsel-

fallen abhängig ist, wie der Gangbergbau, daher auch weniger Schulung und Erfahrung des Arbeiters verlangt, als dieser.

\* Immerhin aber beobachtet man auch auf den Flözen häufig eine unregelmäßige Erzverteilung, welche in erster Linie als Faziesänderungen (z. B. bei verschiedener Nähe der Küste und verschiedener Meerestiefe) aufzufassen sind, vielleicht auch auf eine ungleichmäßige Konzentration der erzabsetzenden Lösungen oder auf eine ungleichmäßige Verteilung des erzausfallenden Reagens zurückgeführt werden können.

Als Beispiel diene der Kupferschiefer. Im östlichen Thüringen verliert derselbe bei zurtückweichendem Bitumengehalt und steigender Verkalkung seinen Erzgehalt. Es liegt die Annahme nahe, daß die unbauwürdigen oder erzfreien Schichten dort aus weniger seichtem Meer abgelagert wurden, in welchem der Kupfergehalt des Wassers zu sehr verdünnt war. Im Gebiete der Mansfelder Kupferschiefermulde ist auch im ungestörten Gebiet, wo längs der Rückenklüfte keine sekundäre Anreicherung stattgehabt hat, die Erzführung eine ungleichmäßige. Es bestehen dort hektargroße unbauwürdige Flözflächen. Nachdem nun aber der durchschnittliche Metallgehalt des Schiefers nur wenig höher als 2% und eben nur noch im großen Maßstab abbauwürdig ist, bewirkt schon ein geringer, aber fast selbstverständlicher Wechsel in der Erzführung eine Unabbauwürdigkeit, die nach oberflächlicher Betrachtung als Taubheit bezeichnet wird, bei höherem Wert des Kupfers aber nicht in Erscheinung träte.

Einer Lokalisierung der Metallzufuhr (Quellen?), einer Beeinflussung des Erzabsatzes durch Strömungen, eintretenden Flußwässern, kurzum solchen Bedingungen, welche die Zusammensetzung des Wassers besonders in seichten Becken zu verändern imstande sind, dürfte mit gutem Recht ein ursächlicher Anteil an der ungleichmäßigen Erzführung mancher Erzlager zugesprochen werden. Man denke an das unkontrollierbare Auftreten von Dolomit-, Kalkstein-, Gips- oder Steinsalzlagern und -Linsen in den jüngeren Sedimenten.

Da man sich den Absatz des Erzes im allgemeinen nicht als die Folge einer Eindampfung von Lösungen, sondern als einen chemischen Niederschlag unter Einwirkung eines Ausfällungsmittels vorzustellen hat, so wird sein Zustandekommen gerade so gut von der Anwesenheit und Konzentration eines gelösten wie eines niederschlagenden Agens abhängig sein. \*

Die ungleichmäßige Erzführung der Lager spielt manchmal eine nicht unwesentliche Rolle, besonders wenn der Erzgehalt — wie bei Gold- oder Silberlagerstätten — an sich schon sehr gering ist. So ist in den Witwatersrand-Konglomeraten in Transvaal der Goldgehalt in gewissen Konglomeratzonen (mit einem der Ganggeologie entlehnten Ausdruck shoots = Adelspunkte genannt) ein besonders reicher. Auch in dem Mechernicher Buntsandstein ist aus noch unbekanntem Ursachen der Bleigehalt an gewisse unregelmäßig gestaltete Zonen gebunden. Tritt auf einer lagerartigen Lagerstätte eine wesentliche Änderung in der primären Erzführung rasch und unvermittelt ein, so liegt der Verdacht nahe, daß man es nicht mit einem echten Lager, sondern vielmehr mit einem epigenetischen Vorkommen zu tun habe.

Die **Struktur** der schichtigen Lagerstätten ist diejenige der normalen Sedimente oder kristallinen Schiefer überhaupt. Man beobachtet ganz dichte, derbe Massen, deren einzelne Individuen mit freiem Auge nicht mehr erkennbar

sind, oder die Struktur ist körnig, sandig, oolithisch, manchmal erdig-pulverig (manche Manganerzlager). Besteht das Lager aus verschiedenen Erzen, so sind dieselben entweder aufs innigste durchmengt (z. B. der Kupferkies und der Pyrit auf manchen Kieslagern), oder sie bilden zonenweise oder im feinsten Wechsel Bänder und Streifen, in welchen bald das eine, bald das andere Erz vorwaltet (Norwegische Kieslager, Rammelsberg). Auf letztere Weise oder durch häufigen Wechsel von Erz und Lagerarten entsteht die gebänderte oder bandstreifige Struktur. Insbesondere in älteren Kieslagern bildet häufig der Pyrit ringsum ausgebildete Kristalle innerhalb einer dichteren Grundmasse, so daß die Struktur an die porphyrische erinnert.

Im geschieferten Gebirge zeigen selbstverständlich auch die erzführenden Schichten häufig schieferige Struktur. Derbe Erzmassen entbehren aber auch inmitten geschieferten Nebengesteines oft der Schieferung; sie verhalten sich dann wie so häufig die in Schiefer eingeschalteten massigen Kalklager oder Kalkbänke.

Drusenbildung ist selten und, wo sie beobachtet wird, wohl sekundär. Manchmal ist die Struktur, wie gesagt, infolge des verschiedenen Mineralbestandes verschiedener Horizonte des Lagers eine lagenförmige; niemals aber ist sie dann eine symmetrische, wie so oft bei den Gängen. „Dieser Mangel an Symmetrie ist fast als ein wesentliches Kriterium der Lagerstruktur zu betrachten, und wo sich eine solche Symmetrie findet, wie z. B. bei den sog. Lagern von Zinnwald, da ist wohl immer eine gangartige Bildung angezeigt.“<sup>1)</sup>

Es gehört zu den Kennzeichen der „Flöze“, daß sie sehr häufig in sich und konkordant mit dem Nebengestein geschichtet sind (z. B. Minettlager und Kupferschiefer); bei massigen Erzlagern und Linsen trifft man auch eine polyedrische oder parallelepipedische (z. B. Eisenerze Skandinaviens), selten eine prismatische Absonderung an (Eisenerzlager im Staate New Jersey).<sup>2)</sup> Querklüfte (Steinscheiden, Blätter), welche mit abweichendem Streichen und Fallen das Lager nach seiner ganzen Mächtigkeit durchsetzen und meistens nicht in das Nebengestein übergehen, sind auf schichtigen Lagerstätten häufiger als auf Gängen.

Bezüglich des geologischen Vorkommens der schichtigen Lagerstätten sei hier nur ganz allgemein bemerkt, daß diese äußerst vielartigen Ablagerungen sich in und mit den verschiedenartigsten Nebengesteinen, mit kristallinen Schiefen und mit Kalksteinen, Konglomeraten und Sandsteinen, Tonschiefen und Schiefer-tonen jeden Alters von der archaischen bis in die Jetztzeit vorfinden.

\* In keinem Kapitel der Erzlagerstättenlehre tritt unser Mangel an Kenntnissen über viele petrogenetische Vorgänge so sehr zu Tage, wie in demjenigen über die „Erzlager“, in keinem gibt es so viel Zweifel und Widerstreit über die Entstehungsweise. In dem folgenden Abschnitt werden zwar viele Lagerstätten beschrieben werden, deren geologisches Vorkommen keine ernsten Bedenken über ihre Entstehung zuläßt; viele andere aber sind nur mit Wahrscheinlichkeit als schichtige zu bezeichnen, manche überhaupt ganz problematischer

1) Naumann, Geognosie, III, 490.

2) Naumann, l. c. 486. 491.

Entstehung. Wegen ihres lagerförmigen Auftretens und weil für eine andere Entstehung derselben noch keine einwandfreie Erklärung besteht, sind auch sie einstweilen hier eingereiht worden. In jedem einzelnen Falle sollen die auf die Bildung der Lagerstätten bezüglichen Ansichten zusammengestellt und soweit als möglich erörtert werden; im übrigen aber hat die nachstehende Zusammenfassung z. T. nur den Wert eines losen Rahmens, der mit dem Fortschritt der tatsächlichen Kenntnisse enger werden wird. \*

### Übersicht über die wichtigsten Typen der schichtigen Lagerstätten.

Die nachstehend zu besprechenden Gebilde könnten nach verschiedenen Gesichtspunkten geordnet werden; so hat v. Groddeck nach ihrer Form drei Gruppen gegliedert:

- a) Derbe Erzflöze (z. B. oolithische Brauneisenerzlager).
- b) Ausscheidungsflöze (z. B. Fahlbänder, Knottensandstein, Mansfelder Kupferschiefer).
- c) Erzlager (z. B. Kieslager).

v. Cotta gliederte nach geographischen Bezirken, und endlich könnte man auch die gleichalterigen aber stofflich verschiedenartigen Gebilde zusammenfassen.

Es erscheint aber doch am übersichtlichsten und logischsten, eine Trennung in erster Linie nach der Art der chemischen Bindung, in zweiter Linie nach der Art des nutzbaren Stoffes, vor allem des Metalls, und in dritter Linie nach dem Alter der Lagerstätten vorzunehmen. Was letzteres Prinzip anbelangt, so ist es notwendig, vor allem den Unterschied zwischen den in archaischen bezw. regional-metamorphen Gesteinen und den in den jüngeren normalen Sedimenten auftretenden Lagerstätten zu betonen. Ausgehend von den beiden ersten Gesichtspunkten, werden die schichtigen Erzlagerstätten folgendermaßen eingeteilt:

- I. Verbindungen von Schwermetallen.
  1. Oxyde, Hydroxyde und primäre Sauerstoffsalze;
  2. Sulfide, untergeordnet auch Arsenide und Sulfosalze. Auf gewissen sulfidischen Lagerstätten bricht auch gediegenes Gold ein.
- II. Verbindungen von Leichtmetallen:
 

Phosphorit.
- III. Gediegene Metalloide:
 

Schwefel.

### I. Schichtige Lagerstätten oxydischer Erze.

#### 1. Eisenerzlager.

Eisen ist bekanntlich eines der in der Natur verbreitetsten Elemente. Wie in keinem Eruptivgestein, so fehlt es kaum in einem Sedimente; oft ist es nur in Spuren darin enthalten, oft bedingen seine Oxyde dessen Färbung. So sind die verschiedenalterigen über die Erde verbreiteten roten Sandsteine (Old red, Buntsandstein usw.), die eisenschüssigen Tone (Röth und die roten Schieferletten des Rotliegenden), die Eisenkieselschiefer u. a. durch einen ziemlich beträchtlichen

Eisengehalt gefärbt. Sowohl in marinen wie in Süßwasserablagerungen treten oxydische Eisenverbindungen als Konkretionen und in dünnen Flözen (z. B. als Toneisenstein) auf, die trotz ihrer Häufigkeit unbeachtet bleiben, während sie anderseits auch zu Massen von kolossalem Umfang angereichert sein können. Eisenerzlager fehlen in keiner Formation von der archaischen bis ins Alluvium. Freilich ist die Art ihres Auftretens eine sehr verschiedenartige.

Die lagerförmigen Eisenerze bilden den Schwerpunkt des gesamten Eisensteinbergbaues, sie sind vielleicht die wichtigsten aller Metallagerstätten. Die Erzeugung des Eisens und seine Verarbeitung beschäftigt direkt und indirekt die meisten Arbeiter und produziert die höchsten Werte. Sie ist stets eine Massenproduktion, denn das Rohmaterial selbst hat nur geringen Wert. Die verschiedenartige Verwertbarkeit, welche das Metall vor allen anderen auszeichnet, läßt auch seinen Geldwert in den weitesten Grenzen schwanken. Ein oft erwähntes Beispiel für die Wertsteigerung, die das Rohmaterial durch die Bearbeitung gewinnt, ist deshalb das Eisen: kommt 1 Ztr. Eisenerz auf etwa 0,3 M. zu stehen, so kostet der Zentner Roheisen 3 M., das gleiche Gewicht wird für Gußware mit 9 M., für Gußstahl mit 27 M., in Gestalt von Messerklingen mit 1500—2100 M. und in solcher von feinen Uhrfedern mit 6 Mill. M. bezahlt.<sup>1)</sup> Ganz anders beim Gold: Der Zentner gemünztes Gold hat einen Wert von 140 000 M., fast denselben wie ein gleich schwerer Klumpen des unbearbeiteten Metalls. Während Eisenerz bei ungünstigen Transportverhältnissen beim höchsten Gehalt sogar wertlos werden kann, bezahlt man noch das Kilo Gold in Erzen, welche nur 0,0005 % (oder 5 g pro Tonne) Gold halten, mit 2400 M., während es als Feingold 2790 M. kostet.

Der geringe Geldwert auch des besseren Eisenerzes bringt es mit sich, daß schon Erze mit 25—30 % Metallgehalt für sich allein nicht mehr schmelzwürdig sind, und kompliziertere Aufbereitung bezahlt sich bei Eisenerzen meistens nicht. Diese sind nur abbauwürdig bei großer Verbreitung, Mächtigkeit und Reinheit der Erze, wenn die Gewinnung leicht und Brennmaterial zur sofortigen Verhüttung oder billige Transportmittel vorhanden, wenn die Arbeitslöhne niedrig genug, die Zoll- und Preisverhältnisse günstig sind.

Auf keinen Bergbau üben daher Änderungen in den vorher bezeichneten Faktoren, die Fortschritte der Technik, die Umgestaltungen des Verkehrswesens, einen solchen Einfluß aus, wie auf den Eisenbergbau. Jahrhunderte lang blühende Betriebe sind darunter in unserer Zeit zugrunde gegangen, wie z. B. manche thüringische und sächsische Eisenwerke. Anderseits erklärt es sich nur aus der Billigkeit der Transportmittel, wenn z. B. aus Spanien, Algier oder Schweden kommende Eisenerze noch mit Gewinn in den großen deutschen und amerikanischen Kohlenbecken und Hüttenwerken verschmolzen werden können. Das Rohmaterial wird durch den Transport immerhin noch nicht so teuer, als die Verschmelzungskosten am Ort der Kohलगewinnung geringer werden.

Auch das Maß der Verwertbarkeit verschiedener Eisenerze hat sich mit dem Stand der Technik erheblich geändert. Von Einfluß auf die Bewertung

<sup>1)</sup> Es braucht kaum gesagt zu werden, daß diese Zahlen nur relative Werte sind und zu verschiedenen Zeiten anders lauten müßten.

war lange Zeit hindurch der Gehalt an Phosphor, da schon ein sehr geringer Betrag des letzteren den Stahl spröde und kaltbrüchig macht; phosphorarme Erze waren deshalb früher gesucht, phosphorhaltige gemieden. Seit Einführung des Thomas-Prozesses (1879), wobei der Phosphor durch eine Magnesiafütterung der Bessemer-Birne gebunden und in der Thomas-Schlacke festgehalten und angereichert wird, ist dieser früher lästige Gast mindestens gleichgültig geworden. Das neue Verfahren hatte einen vollständigen Umschwung in der Bewertung der Eisenerze zur Folge: die bis dahin geringwertigen lothringischen Minetten und die hochphosphorhaltigen nordschwedischen Erze werden neuerdings in großen Massen verschmolzen, während die phosphorarmen siegerländer und steirischen Erze von ihrem ehemaligen Wert verloren haben.

### Magnetit- und Eisenglanz- (Roteisenstein-) Lager.

#### a) In kristallinen Schiefeln.

\* Schon auf die sehr mannigfachen in den kristallinen Schiefeln auftretenden Eisenerze bezieht sich im vollen Umfange das (S. 107—108) über die Unsicherheiten betreffs der Entstehung der Erzlager überhaupt Gesagte. Es werden hier höchst wahrscheinlich recht heterogene Gebilde zu besprechen sein, ohne daß es bis jetzt möglich wäre, eine durchgreifende, einwandlose Scheidung zwischen denselben vorzunehmen. \*

Im Urgneis (Laurentische Formation) und in den Urschiefeln (Huronische Formation) begegnen uns Schichten und Schichtenzonen, welche Schüppchen, Körner, kleine Linsen und Schmitzen von oxydischen Eisenerzen (Magnetit mit 72,41% Fe und Eisenglanz bzw. Eisenglimmer mit 70% Fe) enthalten. Man kann dieselben als Eisenfahlbänder bezeichnen, und diesen würde z. B. der Magnetitgneis der ältesten Abteilung der schwedischen Urgneise entsprechen; ihr Eisengehalt mag etwa so groß sein wie derjenige, welcher die Färbung mancher jüngerer Schiefertone und Sandsteine bewirkt. Nimmt die Menge des Eisenglanzes in kristallinen Schiefeln beträchtlich zu, so entstehen Gesteine, welche man als Eisenglimmerschiefer bezeichnet, und welche mit verschiedenen Altern u. a. im Taunus,<sup>1)</sup> zu Villefranche im Dep. Aveyron, im nördlichen Norwegen, in Brasilien, in Südcarolina und im Okande-Land (Westafrika) oder an der afrikanischen Goldküste bekannt sind.

In seiner ausgesprochensten Entwicklung tritt uns dieses Gestein im Itabirit<sup>2)</sup> entgegen, der neben Eisenglimmer und Magnetit (bzw. Martit) auch Eisenkiesel, Quarz und mehr oder weniger Talk und Chlorit führt und am Pic von Itabira in der Sierra da Piedade (Brasilien) ein gegen 300 m mächtiges, in Eisenglimmerschiefer und Itacolumit übergehendes Schichtensystem bildet. Nicht selten sind diese Gesteine mehr oder weniger goldführend.

Ein anderer, wegen seiner Goldführung bemerkenswerter Eisenglimmerschiefer Brasiliens ist die Jacotinga. Dieselbe ist ein meist zerreiblicher,

<sup>1)</sup> Lossen, Ztschr. d. deutsch. geol. Ges., XIX, 1867, 614—615.

<sup>2)</sup> ita = Stein, bira = scheinend, glänzend, wegen des Glitzerns der Bergoberfläche. — von Eschwege, Geognostisches Gemälde von Brasilien, Weimar 1822, 21—24. 28—30. — Ders., Pluto Brasiliensis, Berlin 1833, 222—224.

bandartig gestreifter und deutlich geschichteter, an Eisenglanzschuppen reicher Glimmerschiefer, der stellenweise in dünn-schieferige Eisenerze übergeht. In den Minas Geraes bildet die Jacotinga 1—2 m, selten 12—20 m mächtige Bänke zwischen Itacolumit und Tonschiefern in weithin verfolgbaren Schichten und Schichtsystemen.

In Südcarolina<sup>1)</sup> wurden früher Eisenglimmerschiefer abgebaut, welche bald den Itabiriten nahe standen, bald als Gemenge von Magneteisen und Talk (Catawbirite) beschrieben worden sind.

An der afrikanischen Goldküste stehen Eisenglimmerschiefer ähnlich wie in Brasilien in den innigsten Beziehungen zu den dortigen Goldlagerstätten.

Ein itabiritähnliches Gestein kommt auch im Okande-Land<sup>2)</sup> (im französischen Kongogebiet, unter dem Äquator gelegen) in mächtiger Entwicklung vor. Es tritt mit Quarzit und glimmerreichen Schiefen auf und bildet ein körnig-schieferiges Gemenge von Quarz, Eisenglanz und Magnetit. Im Hangenden geht es in Quarzit über. Das weit verbreitete Gestein widersteht in besonderem Maße der Erosion, bildet deshalb häufig schroffe Felsen und in den Flußtälern dem Verkehr hinderliche Barren.

Durch Zunahme und Zusammenscharung des Erzes wird entweder das Gesamtgestein bauwürdig oder es ergeben sich zum mindesten bauwürdige Schichten, Linsen oder Lager und „Lagerstöcke“ von oft gewaltigen Dimensionen.

Haupterze dieser Lager sind Magnetit und Eisenglanz, manchmal in Brauneisenerz umgewandelt. Ein geringer Titangehalt ist nicht selten; er beträgt z. B. in dem Eisenlager von Luossavara (Lapland) bis 1,5<sup>0</sup>/<sub>0</sub>. Der Magnetit ist manchmal in Roteisenerz umgewandelt, zeigt aber hier und da noch deutlich die reguläre Kristallform (= Martit); solche Pseudomorphosen sind z. B. bekannt von der Serra Araçoyaba in Brasilien, und nach Credner waren auch die Roteisenerze von Michigan ursprünglich teilweise Magnetite.

Der in Rede stehende Lagerstättentypus ist nach keiner Richtung hin scharf begrenzt. Manganerze (Pyrolusit, Psilomelan, Hausmannit, Wad, seltener Braunit) sind so verbreitet, daß manchmal das Eisenerzlager in ein solches von Manganerz übergeht (Schwarzerze von Arschitza bei Jakobeni, Manganerzlager in der schwedischen Euritetage).

Ferner kommen des öfteren auch sulfidische Erze auf diesen Lagerstätten vor. So haben die Eisenerzlager in der Marmaros und in der Bukowina z. T. aus Eisenkies und etwas Kupferkies bestanden. Auf zahlreichen schwedischen Eisenerzlagerstätten, z. B. zu Dannemora, brechen Eisenkies, Magnetkies, Kupferkies, Blende und Kupferglanz, seltener Bleiglanz, Arsenkies, Kobalt-, Nickel- und Wismuterze sowie Molybdänglanz ein. Sind diese Sulfide auch quantitativ untergeordnet, so vermittelt ihr Vorkommen doch den Übergang zu den rein sulfidischen Lagern. Der Gedanke, daß dieselben wenigstens teilweise nicht zum ursprünglichen Erzbestand gehören, liegt nahe. In vielen Fällen dürfte noch zu entscheiden sein, ob sie nicht sämtlich spätere Einwanderer sind.

<sup>1)</sup> Lieber, Die ihres Eisengehaltes wegen abbauwürdigen itacolumitischen und talk-schieferigen Gesteine Südcarolinas; Berg- u. Hüttenm. Ztg., XVI, 1857, 241—242, 386—387.

<sup>2)</sup> Lenz, Ein itabiritähnliches Gestein aus dem Okande-Land (Westafrika); Verh. k. k. geol. Reichsanst., 1878, 168—169.

Lagerarten sind die Elemente des Nebengesteines: Quarz, Feldspat, Glimmer, Hornblende, Kalkspat u. a., die manchmal den Erzen als bandförmige Zwischenmittel eingelagert sind, und in welche der Erzkörper im Streichen und Fallen überzugehen pflegt. Eine besondere Anreicherung erfährt sehr oft der Apatit.

Auch Silikate und andere Mineralien, welche in dem Nebengestein nicht oder nur ganz untergeordnet vertreten sind, können zu charakteristischen Begleitern des Eisenerzlagern werden. Als solche sind zu nennen: Granat, Augit, Hornblende, Epidot, Chlorit, Talk.

Derlei Mineraliengesellschaften bilden mitunter einen Silikatmantel, den „Skarn“,<sup>1)</sup> um die eigentliche Erzlinse, wie z. B. zu Arendal in Norwegen und Persberg in Schweden.

Als Immigranten auf Gängen und Trümmern sind zu erwähnen: Flußspat, Baryt, Zeolithe (Prehnit, Stilbit, Apophyllit, Laumontit), Datolith, ferner Asphalt und ähnliche Kohlenwasserstoffe.

Nur beiläufig sei hier erwähnt, daß manche dieser Eisenerzlager von jüngeren eruptiven Gesteinsgängen durchsetzt werden, neben welchen die Erze wohl eine Veränderung erlitten haben können, wie z. B. zu Grängesberg in Schweden das Roteisenerz neben ihnen in Magnetit umgewandelt wurde, während sie auf die Erzführung des Nebengesteines selbst keinen wichtigeren Einfluß ausübten.

\* Was die äußere Form und die Dimensionen der kristallinen Eisenerzlager anlangt, so herrschen hierin gerade so wie bei den später zu besprechenden sulfidischen Lagern die denkbar größten Verschiedenheiten: bald sind es weithin ausgedehnte Flöze mit sehr wechselndem Erzgehalt, wie die Eisenglimmerschiefer und die Eisenglanzlager des nördlichen Norwegens, bald sind es plumpe, stockförmige Massen mit verhältnismäßig geringer streichender und oft gewaltiger Ausdehnung in der Mächtigkeit; solche wiederholen sich häufig zu mehreren oder zu vielen neben- oder hintereinander (z. B. in Schweden). Es ist eine Frage für sich, inwieweit diese Erzlinsen ihre besondere Form und Anordnung der Zerrung und Pressung durch den Gebirgsdruck verdanken.

Die äußere Erscheinung mancher hier besprochener Lagerstätten legt die Vermutung nahe, daß dieselben durch Kontakt umgewandelte Kalksteinlager sein könnten, und daß der Metallgehalt durch eruptive Prozesse zugeführt worden ist. Tatsächlich haben manche Eisenerzlager, die man früher für schichtige gehalten hatte, auf Grund neueren Studiums ihren Platz unter den Kontaktlagerstätten erhalten. Andererseits aber wird sich nicht immer leicht entscheiden lassen, ob nicht das Erzlager vorher vorhanden und mit seinem gesamten stofflichen Inhalt kontakt- oder regionalmetamorph umgewandelt worden ist. Dasselbe gilt auch für gewisse später zu besprechende sulfidische Erzlager. \*

<sup>1)</sup> skarn (schwedisch) = Auswurf.

An der Grenze von Ungarn, Siebenbürgen und der Bukowina liegt der 46 km lange Eisenerzdistrikt der Marmaros an der oberen Theiß und von Kirlibaba in der Bukowina.<sup>1)</sup>

Innerhalb der mächtigen Hornblendegneismassen, welche von ungarischem Gebiet her längs des östlichen Ufers der goldenen Bistritz bis Jakobeni in der Bukowina auf 30 km zu verfolgen sind, befinden sich auf ungarischem Boden die Eisenerzlager von Rusaja, eine Stunde talaufwärts von dem Grenzort **Kirlibaba**. Die Erze sind gebunden an körnigen Kalk, der im Gneis liegt. Das unmittelbare Nebengestein der Lager ist ein hellgrüner, hornblendehaltiger Glimmerschiefer. Die Lagerstätte läßt sich 5 km weit verfolgen, war 1876 auf eine Länge von 3000 m aufgeschlossen und streicht etwa NS. Das Erz ist bald derber Magnet-eisenstein, bald vorwaltender Eisenglanz, in welchem Magnetitkristalle eingebettet liegen, und ist aufs engste verbunden mit dem Kalkstein, der seinerseits eisenhaltig ist und an der Luft liegend braun wird; sowohl im Liegenden wie im Hangenden ist das Nebengestein,

Schiefer und Kalkstein, mit Magnetitkörnern durchsprengt, in die sich gewissermaßen die Eisenerzmassen auflösen. Die Lagerstätte hat übrigens keine ununterbrochene Ausdehnung. Die 0,5—2 m mächtigen, mehrfach übereinander liegenden Massen haben linsenförmige Gestalt und verlieren sich im tauben Kalk oder Schiefer, um sich an anderer Stelle wieder einzustellen. Wiederholt sind sie auch durch Störungen abgeschnitten.

Dort wo eine Erzlinse ausspitzt, hat sich manchmal Pyrit angesiedelt, der dann auch als kristallisierter Einsprengling im Kalk aufzutreten pflegt. Im kompakten Eisenerz kommt der Pyrit seltener vor. Eine andere merkwürdige Erscheinung besteht in dem Auftreten gerundeter oder eckiger Stücke von Quarz, seltener von quarzigem oder reinem Kalkstein in den Schiefen und in dem Lagerstättenkalk, welche Walter für Konglomerate gehalten hat.

Am Berge Görgeleu bei **Borsa** in der Marmaros bildet ein sehr charakteristischer Eisenglimmerschiefer ein gegen 0,3 m mächtiges Lager zwischen Chloritschiefer und körnigem Kalk; beide sind dem Glimmerschiefer eingelagert. Im Hangenden und Liegenden des Hauptlagers kennt man noch einige minder reine, z. T. sehr chloritische Eisenglimmerschichten (Fig. 34).

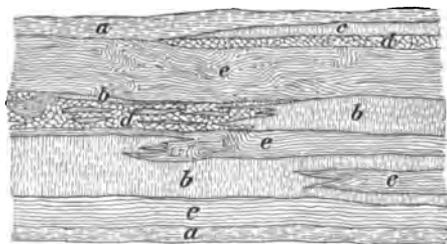


Fig. 34. Lager von Eisenglimmerschiefer bei Borsa (nach Cotta, 1855 und 1861). a Chloritschiefer, b Chloritschiefer mit viel Eisenglimmer, c Eisenglimmerschiefer, d Quarz mit Schieferbruchstücken (wahrscheinlich gangförmig), e körniger Kalkstein, lagenförmig abgesondert, mit starken Windungen.

<sup>1)</sup> Walter, Die Erzlagerstätten der südlichen Bukowina. Mit geol. Karte. Jahrb. k. k. geol. Reichsanst., XXVI, 1876, 342—426, bes. 391—396. — Cotta, Die Erzlagerstätten der südlichen Bukowina; ebenda VI, 1855, 118—119. — Ders., Erz-lagerstätten, II, 1861, 260—262.

Eigenartige Magneteisenlagerstätten sind neuerdings von Helbling<sup>1)</sup> vom **Mont Chemin** bei Martigny im Wallis beschrieben worden. Der Mont Chemin liegt nördlich von Bovernier an der Dranse, zwischen diesem Fluß und der Rhône und bildet den nördlichsten Pfeiler des Montblancstockes. Die Vorkommnisse sind gebunden an sericitischen Gneis im Liegenden von Protoginen und etwa 100—200 m von diesen entfernt; indessen braucht diese Entfernung nicht die ursprüngliche zu sein, da das kristalline Gebirge starke Störungen erfahren hat. Die etwa SW.—NO. streichenden Schichten fallen durchschnittlich nach SO. ein. Alle Gesteine haben eine sehr intensive Metamorphose erlitten.

Die Magneteisensteine sind begleitet von zähen Hornblendegesteinen, welche ihrerseits wieder im innigsten Zusammenhang stehen mit Marmorlagern, in die sie übergehen. Die Hornblendegesteine bestehen aus einem dunkelgrünen Amphibol samt Epidot, Chlorit (Stilpnomelan) und Apatit usw. und enthalten Magnetit und Pyrit als Einsprengungen. Ersteres Erz kann stellenweise überhandnehmen, und es entstehen so, allerdings gegen die Masse des Amphibolgesteines zurücktretend, Erzkörper von 53—54% Eisen- und etwa 70% Magnetitgehalt. In dem Hornblendegestein kommen untergeordnet auch Einlagerungen und Klüfte mit Quarz, Calcit, Epidot und Chlorit vor; das Erz enthält auch etwas Augit. Der Marmor ist gut geschichtet, teilweise ganz rein, teilweise

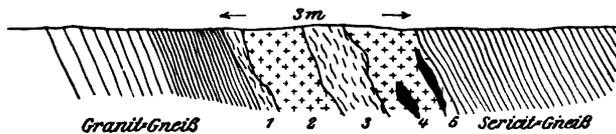


Fig. 35. Profil durch die Lagerstätte im Couloir Collaud im Wallis. (Helbling, 1902.) 1. Verruschelung, 2. ca. 1 m dichtetes Hornblendegestein mit wenig Erz, 3. ca. 0,5 m gefälteltes, schieferiges Hornblendegestein, 4. ca. 1,5 m zähes, dichtetes Hornblendegestein mit Epidot, Chlorit, Kalkspat und Quarz, reich an Magnetit, der stellenweise derbe Linsen bildet. In den letzteren kommt feinfaserige Hornblende und Apatit vor, 5. Verruschelung.

aber so reich an Silikaten (Hornblende, Vesuvian, Epidot), daß er zu einem grünen Gestein wird; dabei bewirken jene Silikate in schichtiger Anordnung eine deutliche Bänderung. Wenn auch die eigentlichen Magnetitlagerstätten auf das

Hornblendegestein beschränkt sind, so kommt das Erz doch auch in schwarmförmiger Anordnung in dem Marmor vor.

Am Mont Chemin sind solche Eisenerzlager, in mehrere Lagerzüge vereinigt, an verschiedenen Stellen, im Couloir Collaud (2 Züge), auf Chez Large (5 Züge) und an den Planches abgebaut worden. Bemerkenswert ist der Apatitgehalt im Couloir Collaud; Schwefel- und Kupferkies fanden sich auf den Planches. Bei Vence bestand Bergbau auf einem aus Zinkblende und Magnetit bestehenden kleinen Lager.

Die Mächtigkeit der Erzlinsen betrug höchstens wenige Meter, häufig nur einige Zentimeter. Der Abbau ist seit der Mitte des XIX. Jahrhunderts erlegen.

Helbling betont, daß die Frage nach der Entstehung dieser Erzlagerstätten zurzeit unbeantwortbar sei. Im allgemeinen haben sie Ähnlichkeit mit denjenigen von Dannemora, scheinen sich aber von diesen vor allem durch das Auftreten von Apatit in dem Hornblendegestein zu unterscheiden.

<sup>1)</sup> Die Erzlagerstätten des Mont Chemin; Baseler Inaug.-Diss., 1902.

## Die skandinavischen Eisenerzlagerstätten.

## Literatur.

- Hausmann, Reise durch Skandinavien, II, 1812, 132—184, IV, 1816, 69—103, V, 1818, 304—413.
- Suckow, Die bedeutendsten Erz- und Gesteinlager und ihre hauptsächlichsten Begleiter im schwedischen Urgebirge. Jena 1831.
- Hisinger, Versuch einer mineralogischen Geographie von Schweden; übersetzt von Blöde. Freiberg 1819.
- Durocher, Observations sur les gîtes métallifères de la Suède, de la Norwège et de la Finlande; Ann. d. Mines (4), XV, 1849, 198—254.
- Cotta, Erzlagerstätten, II, 530—533, 536, 518—522, Lit.
- Kjerulf und T. Dahll, Über das Vorkommen der Eisenerze bei Arendal, Näs und Kragerö; N. Jahrb., 1862, 557—581. — Dieselben, Om jernertsernes forekomst ved Arendal, Naes og Krageroe. Christiania 1861. — Dasselbe, Sur les gîtes de fer de la côte sud-ouest de la Norwège; Trad. par Fuchs; Ann. d. Mines (6), IX, 1866, 269—300.
- Stähler, Besuch der mächtigen Magneteisenstein-Vorkommen zu Grängesberget; Berg- u. Hüttenm. Ztg., XXVI, 1867, 16—19.
- Langer, Der Erzbergbau zu Dannemora in Schweden; Österr. Ztschr. f. Berg- u. Hüttenw., XIX, 1871, 332—334.
- Strippelmann, Die Eisenerzlager Schwedens unter besonderer Berücksichtigung des Bergreviers Norberg-Westmanland, 1873.
- Törnebohm, Om lagerföljden inom Norbergs malmfält; Geol. Fören. Förh., II, 1874—1875, 329—335. — Ders., Einige Bemerkungen über das Urterritorium Schwedens; N. Jahrb., 1874, 131—146.
- A. Sjögren, Om sambandet mellan det sätt, hvarpå våra malmer uppträda, och den relativa åldern hos de bergarter, hvaruti malmerna förekomma; Geol. För. Förh., II, 1874—1875, 2—13.
- Törnebohm, Geognostisk beskrifning öfver Persbergets grufvefält, 1875. — Ders., Geologisk Atlas öfver Dannemora grufvor. Mit Text. 1878. — Ders., Über die Geognosie der schwedischen Hochgebirge; Bih. till k. sv. Vet. Akad. Handl., I, No. 12.
- Gumaelius, Om malmlagens åldersföljd och deras användande såsom ledlager; Öfvers. af k. Sv. Vet.-Akad. Förh., 1875; zitiert von H. Sjögren.
- Torell, Berättelse om undersökning af Malmfyndigheter inom Gellivare och Jukkasjärvi Socknar af Norbottens län (unter Mitarbeit von Hummel, Gumaelius, Tyrsén, Dellwik und Hasselbom). Stockholm 1877. Mit 5 Karten und französ. Resumé.
- von Rath, Naturwissenschaftliche Studien. Erinnerungen an die Pariser Weltausstellung, 1878. Bonn 1879, 40—102.
- Törnebohm, Geologische Übersichtskarte der Statthalterschaft Vermland nebst Beschreibung, 1881; Ref. N. Jahrb., 1882, I, — 200—201 —. — Ders., Geologisk Öfversigtskarta öfver Mellersta Sveriges Bergslag, 1880—1881; Ref. N. Jahrb., 1882, I, 395—400. — Ders., Öfverblick öfver Mellersta Sveriges urformation; Geol. För. Förh., VI, 1883, 582—607. Mit Karten. Ref. N. Jahrb., 1884, II, — 216—218 —.
- Nordenström, L'industrie minière de la Suède, 1883 (Exposition internationale de 1883 à Madrid). Mit Übersichtskarte.
- von Schwarze, Ist überhaupt ein Eisensteinexport von Schweden nach Deutschland praktisch durchführbar? Stahl und Eisen, IV, 1884, 307—323. Mit vier Karten.
- H. Sjögren, Beiträge zur Kenntnis der Erzlagerstätten von Moravica und Dognacska im Banat und Vergleichung derselben mit den schwedischen Eisenerzlagerstätten; Jahrb. k. k. geol. Reichsanst., XXXVI, 1886, 607—668.

Santesson, Beskrifning till karta öfver berggrunden inom de malmförande trakterna i norra delen af Örebro län. II. Geognostiska kartor och beskrifningar öfver de viktigare grufvefalten; Sveriges geol. undersökn., Ser. Bb, No. 4, 1889. Siehe dazu die 1883 erschienene geologische Karte samt geologischer Beschreibung; ebenda Ser. Bb, No. 3, 1883.

Vosmaer, Die Erzfelder von Gellivare, Kirunavaara und Luosavaara und die Eisenbahn von Luleå nach Ofoten. Stahl und Eisen, X, 1890, 181—189, 299—306. Mit vielen Abbildungen.

von Post, Några ord om Gellivaramalmens uppkomst; Geol. För. Förh., XII, 1890, 491; Ref. N. Jahrb., 1893, I, 19—20. — Ders., Ytterligare om Gellivaramalmens uppkomst; ebenda XIII, 1891, 286—292; Ref. N. Jahrb., 1893, II, 270.

Vogt, Salten og Ranen, Christiania 1890, Lit.; Ref. Ztschr. f. prakt. Geol., 1894, 30—34.

Stelzner, Das Erzfeld von Naeverhaugen. Als Manuskript gedruckt. Berlin 1891, Lit.

A. Sjögren, Asigterna om jernmalmerna å Gellivara Malmborg och de bergarter, som innesluta malmerna; Geol. Fören. Förh., XIII, 1891, 18—26; Ref. N. Jahrb., 1893, II, 267—268.

Törnebohm, Några ord med anledning af tvisten rörande Gellivaramalmernas genesis; ebenda 27—33; Ref. ebendort, 268—269.

Lundbohm, Om Gellivare malmborg och apatitundersökningarne derstädes; ebenda 132—142; Ref. ebendort, 269—270. — Ders., Apatitförekomster i Norrbottens malmborg; Sver. geol. undersökn., Ser. C, No. 127, 1892; Ref. ebendort, 270.

Fredholm, Bergarter och malmer i Luossavaara och Kirunavaara; ebenda 266 bis 270; Ref. ebendort, 270.

Löfstrand, Äro jernmalmerna och apatiten i Norrbotten lagerbildningar? ebenda 335—372; Ref. ebendort, 270—273.

Hj. Sjögren, Om de svenska jernmalmlagrens genesis; ebenda 373—435; Ref. ebendort, 273—277. Danach Ztschr. f. prakt. Geologie, 1893, 434—436.

Vogt, Om dannelsen af de vigtigste i Norge og Sverige representerede grupper af jernmalmbforekomster; Geol. Fören. Förh., XIII, 1891, 476—536, 683—735, XIV, 1892, 211—248; Ref. N. Jahrb., 1893, II, 68—70. Siehe auch Vogts Referat über zwölf Arbeiten schwedischer und norwegischer Geologen (Bd. XII u. XIII der Förhandlingar) im N. Jahrb., 1893, II, 63—67.

H. Sjögren, Några jemförelser mellan Sveriges och utlandets jernmalmlager med hänsyn till deras genesis; Geol. Fören. Förh., XV, 1893, 473—510; Ref. N. Jahrb. 1897, II, 86—88.

A. E. Nordenskiöld, Remarques sur le fer nativ d'Ovifak et sur le bitume des roches cristallines de Suède; Compt. rendus, CXVI, 1893, 677—678; Ref. N. Jahrb., 1894, I, — 432—433 —.

Vogt, De lagformigt optraetende jernmalmbforekomster af typus Dunderland, Norberg, Grängesberg, Persberg, Arendal, Dannemora; Geol. För. Förhandl., XVI, 1894, 275—297.

Löfstrand, Gångformiga malmbildningar i Norrbotten; Geol. För. Förh., XVI, 1894, 131; Ref. N. Jahrb., 1895, II, 273.

Tiemann, Die großen Eisenerzablagerungen in Schweden und Norwegen und deren Bedeutung für unsere Eisenindustrie. Stahl und Eisen, XV, 1895, 217—235. Mit Abbildungen.

Petersson, Geologisk beskrifning öfver Nordmarks grufvors odalfält; Sveriges geol. Undersökn., Ser. C, No. 162, 1896; Ref. N. Jahrb., 1901, I, — 434 —; Ztschr. f. pr. Geol., 1899, 140—141.

Vogt, Om de lagrade jernmalmsfyndigheternas bildningssätt; Wermländska Bergsmannaföreningens Annaler, 1896; Ref. N. Jahrb., 1899, I, — 290—292 —. — Ders., Dunderlandsdalens jernmalmfelt; Norges geol. Undersög., No. 15, 1894; Ref. N. Jahrb., 1897, I, — 80 —. — Ders., Nissedalems jernmalmförekomst i Thelemarken; Norges geol. Undersög., No. 17, 1895; Ref. N. Jahrb., 1897, I, — 80—81 —. — Ders., Kirunavara Jernmalmfelt og Ofotbanen; Ref. Ztschr. f. prakt. Geol., 1898, 254—256.

Nordenström, Møllersta Sveriges Grufutställning. Beskrifvande Katalog på Jernkontorets bekostnad utgifven, 1897.

Lundbohm, Kiirunavaara och Luossavaara jernmalmsfält i Norrbottens län; Sveriges geol. Undersökn., Ser. C, No. 175, 1898; Ref. N. Jahrb., 1900, I, — 79—80 —; Ztschr. f. prakt. Geol., 1898, 423—426.

Wedding, Die Eisenerzvorkommen von Gellivara und Grängesberg in Schweden; Ztschr. f. Berg-, Hütten- u. Salinenwesen, XLVI, 1898, 69—78; Ref. N. Jahrb., 1900, I, — 80—81 —; Ztschr. f. prakt. Geol., 1898, 328—330.

Newbiggin, The siliceous iron ores of northern Norway; Transact. of the North of Engl. Inst. of Min. and Mech. Eng., XLVII, part. V, Juni 1898; Ref. Ztschr. f. prakt. Geol., 1899, 356—360.

Beck, Über einige mittelschwedische Eisenerzlagerstätten; Ztschr. f. prakt. Geol., 1899, 1—10.

Petersson und Svenonius, Berättelse om en undersökning af mindre kända malmfyndigheter inom Jukkasjärvi malmtrakt och dess omgifningar verkställd af Sveriges geologiska undersökning. Stockholm 1900. Mit 10 Tafeln und Atlas von 8 Karten. Danach Vogel, Über einige weniger bekannte Eisenerzvorkommen im nördlichen Schweden. Stahl und Eisen, 1900, I, 530—536, 590—592.

Petersson und Svenonius, Beskrifning öfver en del förut mindre kända malmfyndigheter inom Jukkasjärvi malmtrakt och dess omgifningar; Jernkontorets Annaler, Neue Folge, LV, 1900, 215—368. Auszug daraus von Leo, Berg- u. Hüttenm. Ztg., LXI, 1902, 652—654.

Vogt, Die regional-metamorphosierten Eisenerzlager im nördlichen Norwegen (Dunderlandsthal usw.); Ztschr. f. prakt. Geol., XI, 1903, 24—28, Lit.

Glinz, Reisebericht über eine Studienreise durch die wichtigsten Erzgebiete Skandinaviens (Hüttenmännisches); Berg- u. Hüttenm. Ztg., LXI, 1902, 44—46.

Everding, Dasselbe (Bergmännisch-Geologisches); ebenda LXII, 1903, 35—36, 45—47, 57—60, 69—70.

In Skandinavien enthält die archaische Formation in verschiedenen Horizonten verschiedenartige Eisenerzlager in so großer Zahl, daß insbesondere Schweden als eines der eisenreichsten Länder der Erde bezeichnet werden darf. Folgende Tabelle wird zunächst einen Überblick über den Reichtum der einzelnen Statthaltereien Schwedens an Rot- und Magneteisenerz gewähren.<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Die Zusammenstellung der Erzflächen ist dem Artikel „Schwedens Eisenerzschätze“, Stahl und Eisen, XX, 1900, I. Halbjahr, 476—478, entnommen, welchem ein Vortrag Nordenströms zugrunde liegt.

Statthalterei	Bebaute Erz-	Erzförderung in t	
	fläche in qm	1897	1901
	1897	1897	1901
Stockholm . . . . .	1150	21 859	26 162
Upsala . . . . .	12 590	56 163	60 632
Södermanland . . . . .	7 120	23 263	28 942
Östergötland . . . . .	?	2 166	768
Wermland . . . . .	21 090	84 223	78 005
Örebro . . . . .	36 050	284 186	318 300
Westmanland . . . . .	55 230	184 277	234 560
<b>Kopparberg</b> . . . . .	<b>115 314</b>	<b>796 433</b>	<b>835 968</b>
Gefleborg . . . . .	?	5 751	14 045
<b>Norrbotten</b> . . . . .	<b>630 000</b>	<b>627 798</b>	<b>1 196 184</b>
		<hr/>	<hr/>
		2 086 119	2 793 566

Insgesamt ist die Erzflächengröße aller schwedischen Eisenerzlagerstätten im Jahre 1898 auf etwa 1 500 000 qm oder 150 ha berechnet worden, wobei zu bedenken ist, daß damit nur die Summe der horizontalen Querschnitte der größtenteils steil einfallenden Lagerstätten gemeint ist.

Das mittlere Schweden ist wegen seines großen Eisenreichtums schon von den Alten das „Jernbäraland“, d. h. das eisenträgende Land genannt worden; zeitweilig sind dort 600 und noch mehr Eisenerzbaue im Betrieb gewesen. In ganz Schweden waren im Jahre 1901 346 Eisensteingruben in Förderung. Erzlager von 2 m Mächtigkeit gelten noch als bauwürdig.

Die schwedischen Eisenerze sind vorzugsweise Magnetite, untergeordneter Roteisenstein und in ganz geringer Menge auch Sumpf- und Seeerze. Die gesamte Förderung des Jahres 1901 verteilt sich wie folgt:

Magneteisenerz (Svartmalm) . . . . .	2 506 990 t	} 2 793 566 t.
Roteisenerz (Blodsten) . . . . .	286 576 „	
Seeerze, Sumpferze . . . . .	1594 „	

Zahlreiche Eisensteine bestehen aus einem Gemenge von Magnet- und Roteisenstein. Ein mehr oder weniger hoher Mangengehalt ist besonders solchen Erzen eigen, welche an Kalksteine gebunden sind. In der Mehrzahl der Vorkommnisse sind die schwedischen Eisenerze arm an Phosphor, indessen sind gewisse Erze, und zwar besonders diejenigen in Lappland (Norrbotten), sehr reich daran. Ferner sind Pyrit und andere Sulfide in den meisten Erzen verbreitet. Der Durchschnittsgehalt der gewonnenen Eisenerze beträgt 50—60<sup>0</sup>/<sub>0</sub>; aber auch ärmere Erze werden verwendet, sofern sie sich vermöge ihrer besonderen Lagerarten als Zuschlag für die Verhüttung eignen. Andererseits enthalten die lappländischen Erze sogar 60—70<sup>0</sup>/<sub>0</sub> Eisen.

In technischer Hinsicht unterscheidet man

1. den torrsten („trockenes Erz“), das sind fast durchgehends quarzreiche Roteisensteine, welche zu ihrer Verhüttung eines Kalkzuschlages bedürfen;
2. den blandsten („gemischtes Erz“), kalkreiche Magneteisensteine, denen bei der Verhüttung Quarz zugesetzt werden muß;

3. den quicksten („schnellflüssiges Erz“), Magneteisenerze mit „Skarn“, d. h. umhüllt von einem Kalksilikatmantel (Hornblende, Granat, Epidot usw.); dieselben schmelzen leicht und ohne Zuschlag. Man heißt sie auch die „alleingehenden Erze“ (engående malmer);
4. die Apatiteisenerze, bestehend aus Magnet- und Roteisenerz mit oft beträchtlichen Massen von Apatit und silikatischer Lagerart.

Die schwedisch-norwegische Urformation zerfällt in zwei Stufen:

1. Die Gneisformation mit Graniteinlagerungen und petrographisch sehr vielartig entwickelt. Bemerkenswert ist der sog. „Magnetitgneis“, der gewissermaßen ein Magnetitfahlband mit fein eingesprengtem Erz ist. Diese Gneisformation ist arm an Eisenerzlagerstätten; keines der jetzt abgebauten Lager gehört ihr an.
2. Die „Granulitformation“. In ihr liegt weitaus die größte Zahl aller schwedischen Erzlagerstätten. Törnebohm hat früher die Mehrzahl der hier einzuordnenden Gesteine als die „Eurite“, später als Granulite bezeichnet. Indessen entspricht der schwedische Granulit nicht dem Gestein, welches in Sachsen, in Mähren, in Niederösterreich usw. als solcher bezeichnet worden ist und welches in der Hauptsache aus Quarz und Feldspat besteht. Es sind vielmehr dichte bis feinkörnige Gneise mit untergeordnetem Glimmer-, Hornblende- und Granatgehalt, oft begleitet von Kalksteinlagern. In der „Euritetage“ Törnebohms nehmen die Hälleflinten die höheren Stufen ein; dieses sind ungemein dichte Gemenge von Feldspat, Quarz und etwas Glimmer, also äußerst feinkörnige Gneise, manchmal, z. B. in der Nähe der Eisenerzlager von Dannemora, mit allerfeinster Bänderung, welche kaum einen Zweifel an der sedimentären Entstehung dieser Gesteine belassen dürfte, um so mehr als sie auch in innigster Wechsellagerung mit Kalkstein auftreten können. Andere Hälleflinten erinnern durchaus an Quarzporphyr, enthalten deutlich angeschmolzene Quarze und Feldspate, zeigen dann keine Bänderung und müssen für wirkliche Eruptivgesteine gehalten werden.

Es schien gut, für jeden einzelnen Erzdistrikt die geologischen Verhältnisse kurz zu skizzieren. Besonders für den engeren Bereich der mittelschwedischen Gruben ergibt sich aber eine gewisse allgemein gültige Gesetzmäßigkeit bezüglich des Auftretens der einzelnen vorhin genannten Erztypen innerhalb der verschiedenen Stufen des kristallinen Gebirges. Hierauf hat schon A. Sjögren aufmerksam gemacht. Man gewinnt von diesem Gesichtspunkt aus folgende Übersicht:<sup>1)</sup>

1. Magnetitgneis; dieser enthält keine wichtigeren Eisenerze.
2. a) Die Eurite oder Granulite. Zu diesen gehören vorzugsweise die Torrstenaar mit den hauptsächlichsten Lagerstätten zu Striberg, Stripa, Lomberg, Grängesberg, Gräsberg, Utö, die Morbergsgruben zu Norberg. Torrstenaar sind auch die Erze von Dunderland und Naeverhaugen in Norwegen, welche aber einem höheren geologischen Horizont angehören dürften.

<sup>1)</sup> In ihren Grundzügen rührt diese Einteilung von A. Sjögren (1874) her.

Weiterhin liegen die Quickstenar größtenteils in den Euriten. Dahin gehören u. a. die Lagerstätten von Persberg, welche den Typus für die ganze Gruppe bilden, und diejenigen von Arendal, Nordmarken, Dalkarlsberg und einzelne bei Norberg.

b) An die Hällefinten mit ihren teilweise sehr mächtigen Kalkstein- und Dolomitlagern sind die Blandstenar gebunden. Sie sind manganhaltig, phosphorarm und meistens mehr oder weniger mit Sulfiden imprägniert. Dannemora ist der Typus; Viker, Ställberg, Klackberg, Kolningsberg (welche letztere beiden allerdings nach Törnebohm im Eurit liegen), ferner die Magnetit-Hausmannitgruben von Långban gehören gleichfalls hierher.

Unsicher dürfte wohl der geologische Horizont der im nördlichen Schweden auftretenden apatitführenden Eisenerzlager (Gellivara, Kirunavara, Luossavara usw.) sein. Ihr Nebengestein wird teilweise als Hällefinta bezeichnet.

Im folgenden sollen die skandinavischen Eisenerzdistrikte, soweit die Lagerstätten mit größerer oder geringerer Wahrscheinlichkeit sedimentär sind, in nachstehender geographischer Reihenfolge besprochen werden:<sup>1)</sup>

Schweden:		Norwegen:
Grängesberg,	Nordmarken,	Solberg,
Örebro,	Dannemora,	Arendal,
Norberg,	Utö,	Nordlandsamt.
Persberg,	Norrbottn.	

Es muß aber schon von vornherein darauf hingewiesen werden, daß die schichtige Natur zahlreicher hier beschriebener Lagerstätten nicht außer Frage steht und bezüglich deren Entstehung noch recht viele Rätsel zu lösen sind.

Die Eisenerzlagerstätten von **Grängesberg** in der Statthalterei Kopparberg, gerade westlich von Norberg und südlich von Falun in der Südostecke von Dalarne gelegen, sind die großartigsten von Mittelschweden und nach Gellivara augenblicklich die wichtigsten von Schweden überhaupt. Das Erzfeld gehört der Euritformation, d. h. einem feinkörnigen Gneis an, der zwischen älteren Gneis eingelagert eine mehrere Kilometer lange SW. nach NO. streichende Zone bildet. Die Erze selbst entsprechen im großen ganzen dem sog. Striberger Erztypus, bestehen also hauptsächlich aus Quarz, Magnetisen und Glanzeisenerz, sind aber vor allen übrigen mittelschwedischen Eisenerzen durch einen teilweise sehr beträchtlichen, von 0,6 bis 1<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, ja sogar bis zu 5 und 7<sup>0</sup>/<sub>0</sub> steigenden Phosphorgehalt ausgezeichnet.

<sup>1)</sup> In der sehr kurz gefaßten Übersicht des Stelznerschen Vortrages sind die hauptsächlichsten Vorkommnisse etwa in der oben skizzierten Altersfolge angeordnet. Bei eingehenderer Durcharbeitung dieses umfangreichen Abschnittes bin ich indessen zu der Einsicht gelangt, daß sich diese Anordnung nicht beibehalten läßt, da in demselben Gebiet Schwedens häufig Eisenerzlagerstätten sehr verschiedener Typen vorkommen. Durch deren Zusammenfassung wäre wiederholt das geologische Gesamtbild der einzelnen Distrikte zerrissen worden. Bergeat.

Die zahlreichen, dem Nebengestein konkordant eingelagerten Erzlinsen bilden drei über eine  $3\frac{1}{2}$  km lange Fläche sich erstreckende Züge. Das Einfallen der Lager beträgt im Durchschnitt  $70^\circ$ .

Die mächtigsten Erzkörper gehören dem östlichsten, hangendsten Zug an, und innerhalb dieses ist wiederum die Bergsbo-Linse im nördlichen Feld die gewaltigste. Sie ist im Tagebau auf 400 m Länge erschlossen und hat eine größte Mächtigkeit von 90 m. Innerhalb dieser Dimensionen besteht sie indessen nicht aus derbem Erz, sondern aus einer großen Zahl durch Nebengestein geschiedener

kleinerer, dicht zusammengescharter Linsen. In vielfältiger Wiederkehr wechseln bandförmige Gesteinslagen mit dem Erze. Dieses letztere setzt sich zusammen aus Roteisenerz und Magneteisenstein in der umstehend wiedergegebenen Art (Fig. 37). Im Hangenden pflügt das Magneteisenerz besonders phosphorreich zu sein. Zahlreiche Pegmatitgänge durchsetzen die Lager und haben das Roteisenerz gewöhnlich bis auf mehrere Fuß Breite in Magneteisenerz umgewandelt. Das letztere ist

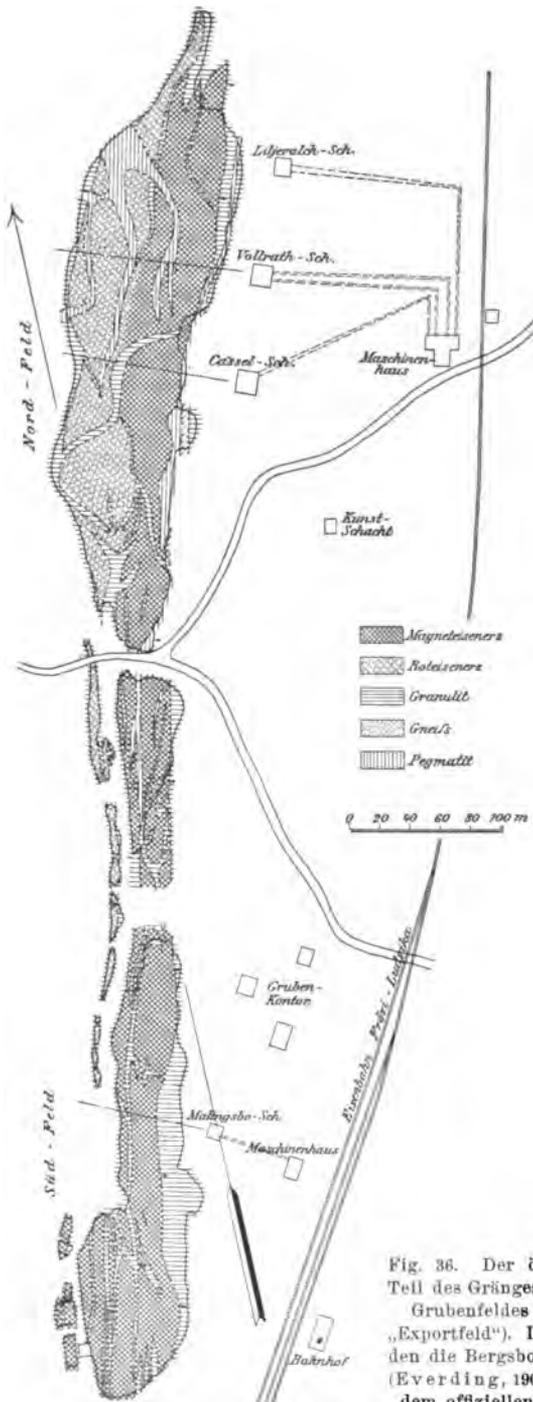


Fig. 36. Der östliche Teil des Grangesberger Grubenfeldes (das „Exportfeld“). Im Norden die Bergsbo-Linse. (Everding, 1903, nach dem offiziellen Riß.)

mitunter drusig und kristallisiert. Bemerkenswert ist auch das Vorkommen von Erdpech in solchen Drusen der Lagerstätte und im Pegmatit.<sup>1)</sup>

Die stark phosphorhaltigen Erze des östlichen Grubenfeldes („Exportfeld“), d. i. etwa 85% der ganzen Produktion, werden exportiert und versorgen besonders auch die rheinischen und oberschlesischen Hochöfen; der Rest wird in den umliegenden Hochöfen verhüttet. Das Exportfeld nimmt  $\frac{2}{3}$  des ganzen Erzfeldes ein. Der Grängesberger Bergbau beschäftigt etwa 1400 Arbeiter und lieferte 1901 606792 t Magneteisen- und 50674 t Roteisenerz.

In der Statthalterei Örebro sind rund 100 Eisensteingruben mannigfacher Art im Betriebe, welche jährlich ungefähr 300000 t Magneteisen- oder Roteisenerz fördern. Eine ausführliche Beschreibung der in den Kirchspielen Nora, Jernboås, Viker, Hjulsjö, Grythytte, Lindesberg, Ramsberg und Ljusnarsberg gelegenen Vorkommnisse hat 1889 Santesson gegeben. Es sei hier auch ausdrücklich auf dessen geologische Karte verwiesen.

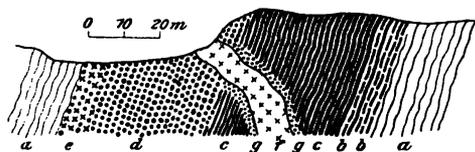


Fig. 37. Profil im Grängesbergfeld. *a* Schiefer, *b* Eisenglimmerschiefer, *c* körniges Roteisenerz, *d* körniges Magneteisenerz, *e* Apatiteisenerz mit reichlichem mikroskopischen Apatit, *f* Pegmatitgang, *g* Eisenglanz, umgewandelt in Magnetit. (Vogt, 1894.)

streichen ist im allgemeinen von SSW. nach NNO. gerichtet, das Einfallen meistens fast senkrecht. Der Eurit oder „Hälleflintgneis“ ist ein mehr oder minder deutlich körniges, manchmal allerdings äußerst feinkörniges

Die Gruben liegen in einem weiten Territorium von Eurit und Hälleflinta, welches gegen Westen, Süden und Osten ziemlich unmittelbar von Gneis und Granit umgrenzt und außerdem von zahlreichen Diorit- und Granitkuppen und Diabasgängen durchsetzt wird. Das Schichten-

<sup>1)</sup> \* Erdpech und Kohle sind sehr weit verbreitet in den schwedischen und norwegischen Eisen- und Manganerzlagern, so zu Norberg, Dannemora, Grängesberg, Paisberg, Utö, Gräsberg, Kallmora, Klackberg, Kolningsberg, Arendal usw. Sjögren zählt 1891 (Geol. För. Förh., XIII, 423—424) gegen 30 Vorkommnisse solcher kohlehaltiger Substanzen auf. Sie finden sich aber auch in Pegmatitgängen, und Anthracit kommt neben Bitumen sogar auf den Kongsberger Erzgängen vor. Daraus dürfte vielleicht hervorgehen, daß diese Substanzen mit der Ablagerung der Eisenerze selbst nichts zu tun haben, sondern erst später eingewandert sind. Merkwürdig ist das Vorkommen von Bergpech als Einschluß im Feldspat und Quarz der Grängesberger Pegmatite (Helland, Bergbeg, Anthracit og nogle andre kulholdige Mineralier fra Ertselestedet og Granitgange; Geol. För. Förh., II, 1874—1875, 513—522. Darin zahlreiche Analysen).

A. E. Nordenskjöld hat in der Asche der anthracitischen Kohle von Norberg und Dannemora mehrere Prozent Nickeloxydul, Uranoxyd und Oxyde der Gadolinit- und Ceritmetalle nachgewiesen (Compt. rendus, CXVI, 1893, 677—678).

Da die heutige Chemie in den Carbiden Verbindungen kennt, in denen anorganischer Kohlenstoff wandern und aus denen er in der Form von Kohlenwasserstoffen ausgeschieden werden kann, so liegt kein Grund mehr vor, etwa jene Kohlen und Kohlenwasserstoffe inmitten der Lager für organogen zu halten und ihnen etwa gar eine Rolle in der Erzausfällung zuzuschreiben. \*

Gemenge von Feldspat, Quarz und Glimmer; sein Kontakt gegen den Granit ist scharf, gegen den Gneis und die Hällefinta bildet er deutliche Übergänge und nahe den Hornblendegesteinen nimmt er selbst Hornblende auf. Hornblende- und Glimmerschiefer und stellenweise auch Talkschiefer kommen als Einlagerungen im Hällefintgneis vor.

Die jüngere Hällefinta bildet mehrere Zonen, deren größte etwa 30 km nordwestlich von Nora sich in der Richtung gegen Nordmarken erstreckt. Eine andere streicht als ein etwa 15 km langer Zug längs des Elflangen- und Vikarsees bis Nora. Die eigentliche Hällefinta ist hier ein sehr zähes, ganz feinkörniges, vorzugsweise aus Quarz, Glimmer und Feldspat bestehendes Gestein von muscheligen Bruch und manchmal schöner Bänderung. Manche Varietäten gehören zur porphyrtartigen Hällefinta, indem sie Einsprenglinge von Quarz und Feldspat erkennen lassen. Chlorit und Hornblende treten akzessorisch in den Hällefinten auf, und manchmal sind letztere so reich an Glimmer, daß sie schieferig werden.

Zahlreiche kleine und große Kalkstein- und Dolomitmassen sind in alle Schiefergesteine, mit Ausnahme des Gneises, eingeschaltet; die großartigsten Vorkommnisse solcher sind indessen an die Hällefinten und zwar insbesondere des Vikarnsees gebunden. Die meist grobkörnigen Karbonatgesteine bilden stock- und linsenförmige Massen, welche mit dem umschließenden Gestein alle Faltungen und Biegungen mitgemacht haben. Eine große Anzahl von Analysen solcher häufig sehr magnesiareicher Gesteine hat Santesson mitgeteilt. Ihr Mangan-gehalt erreicht nur selten 1% und mehr.

Die im nachstehenden skizzierten hauptsächlicheren Vorkommnisse sind nach der Beschaffenheit ihrer Erze — Torrstenaar, Quickstenaar und Blandstenaar — in drei Gruppen zusammengefaßt.

I. In dem Gneisgebiete von Nora sind keine Eisensteinlager bekannt, dagegen findet sich eine große Anzahl von Eisenglanzlager im Eurit. Ihr wichtigster Typus, echte, quarzige Torrstenaar, ist zu **Striberg**, 7 km westnordwestlich von Nora entwickelt. Santesson charakterisiert den Stribergtypus folgendermaßen: „Deutlich geschichtetes Glanzeisenerz mit Bändern von dunklem Quarz und manchmal auch braunem Granatfels“. Die Erze sind schwefelarm, aber phosphorhaltig, mit Magnetit durchmengt; außer Quarz und Granat treten etwas Feldspat und Epidot darin auf. Der eigentliche Stribergtypus erleidet geringfügige Modifikationen, indem das Erz bald feinschieferig oder körnig oder blätterig wird und dann und wann auch Kalk oder Dolomit aufnimmt. Stellenweise finden sich auch Eisenerzlager im Glimmerschiefer.

Zu Striberg arbeiten fünf Gruben. Die größte der Erzlinsen ist etwa 80 m lang und 4—5 m mächtig, doch kommen auch Mächtigkeiten bis zu 15 m vor. Indessen bestehen solch große Massen nicht aus reinem Eisenerz, sondern sie umschließen wohl auch Hällefintgneisschollen von mehreren Metern Dicke und vielen Metern Länge.

Die durchschnittliche Zusammensetzung des Striberger Erzes von sieben verschiedenen Gruben ist nach einer großen Anzahl von Analysen folgende:

Fe	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	S
52,2	60,21	13,93	0,09	0,31	1,05	0,89	23,61	0,043	0,021

Das Erz selbst bildet aber nur 62<sup>0</sup>/<sub>0</sub> der Lagermasse.

Der Striberger Bergbau ist einer der ältesten Mittelschwedens und wurde vielleicht schon im XIV. Jahrhundert betrieben. Die Produktion belief sich 1901 auf 38350 t, darin Eisenglanz- und Magneteisenerz im Verhältnis von 20:1.

Mächtige, durch Gebirgsdruck vielfach gebogene, bis an 200 m lange Linsen werden im Glimmerschiefer von Åsboberg, unweit Striberg abgebaut und eine größere Anzahl weiterer Gruben dortselbst gehört dem gleichen Erztypus an. Auch die Eisenglanz-Magnetitlager von Pershytte gehören hierher. Die Lager entwickeln sich aus erzhaltigem Hällefintgneis unter allmählichem Zurücktreten der Nebengesteinselemente.

Die nur mit wenig Magnetit vermengten Eisenglanzlager von **Stripa** am Nordende des Roßvalensees und diejenigen von **Ingelshytte**, 20—25 km nördlich von Nora, schließen sich gleichfalls dem Stribergtypus an. Ersteres Grubenfeld steht bezüglich seiner Produktionsfähigkeit zwischen demjenigen von Dalekarlsberg und Striberg; Ingelshytte erreicht kaum die Hälfte derselben.

Auch die Erzlager von **Strossa**, einige Kilometer östlich von den vorigen, seien genannt. Die größte Erzlinse hat eine Länge von 200 m bei 40 m Mächtigkeit.

Zu den ergiebigsten Gruben des Gebietes zählt diejenige von **Lomberg** im Ljusnarsberg-Kirchspiel, wenige Kilometer südlich von Grängesberg. Die Lagerstätten sind an beiden Orten recht ähnlich. Zu Lomberg herrscht grauer Hällefintgneis, der eine schmale, etwa NS. streichende Zone zwischen rotem Gneis bildet. Die Erze bestehen aus blätterigem, mit Quarz durchwachsenem Glanzeisenerz samt etwas Magnetit und bilden flache Linsen von etwa 80 m Länge und 10 m Mächtigkeit.

II. In mancher Beziehung verschieden sind die Lagerstätten von **Dalkarlsberg**, südlich vom Viker-See. Auch sie liegen im Hällefintgneis, der bald quarzitisches, bald glimmerreich entwickelt sein kann, nahe der kalksteinführenden Hällefintzone einerseits, andererseits kaum 2 km von einem südlich angrenzenden Granitstock. Des letzteren Nähe mag für die besondere Mineralführung nicht ohne Bedeutung und Einfluß gewesen sein.

Das Erz ist Roteisenstein und Magneteisenstein, überwiegend aber letzterer; die begleitenden Lagerarten sind bald Chlorit und Talk, bald Hornblende und Strahlstein. Stellenweise treten schiefwinkelig zum Einfallen einschließende durch Schwefelkies verunreinigte Zonen auf, von denen eine auf der Stora Rymningsgrube eine streichende Ausdehnung von ca. 70 m hatte. Die beiden Eisenerzarten sind auf denselben Lagerstätten in wechselnden Verhältnissen vorhanden, wie sich auch aus der völlig ungleichmäßigen Zusammensetzung der Analysen erkennen läßt. Als Seltenheit hat man zu Dalkarlsberg im Erz auch derben Scheelit gefunden; manchmal kommen auch Magnetitkristalle vor.

Das größte Lager des Grubenfeldes hat eine Erstreckung von 350 m und wird durch eine Verwerfung abgeschnitten. Die Mächtigkeiten der Linsen betragen bis zu 8 m, unter Zurechnung tauber Mittel bis zu 25 m.

Das Dalkarlegrubenfeld hat 1901 auf 5 Gruben 25700 t Erz gefördert.

Die Lagerstätten von Klacka und Lerberg, etwa 10 km NW. von Nora, führen Magneteisenstein mit Amphibol und Chlorit samt Quarz und etwas Epidot und Granat. Die aus verschiedenen Linsen bestehenden Lager erreichen eine Gesamtlänge von 400 m und bis über 20 m Mächtigkeit; in diese letztere sind allerdings unbauwürdige, mit Magnetit durchwachsene Nebengesteinspartien eingerechnet. Zu Norra Ställberg im Norden von Örebro wird u. a. eine 30 m lange und 30 m mächtige Erzlinse von ganz ähnlicher Beschaffenheit abgebaut. Überhaupt hat der „Typus Lerberg“ eine ziemliche Verbreitung in dem Hällefintgneisgebiet.

III. Den Erzlagerstätten von Dannemora entsprechen diejenigen von Viker, südlich von Nora, nahe Dalkarlsberg. Die Erze kommen fast nur innerhalb einer 300 m breiten Zone sehr gut geschichteter Hällefinta vor, welche am Südwestende des Vikersees einer ca. 2 km breiten Kalk- und Dolomitmasse eingelagert ist. Das Erz besteht aus sehr feinkörnigem Magnetit mit Chlorit, Amphibol und Pyroxen samt Eisen-, Mangan- und Kalkspat und ist mit sehr fein eingesprengtem Pyrit, Kupferkies und mit Blende verunreinigt. Bemerkenswert ist auch sein hoher Mangangehalt, wie sich aus der nachstehenden mittleren Zusammensetzung mehrerer Erzproben ergibt:

Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> . . . . .	61,07	SiO <sub>2</sub> . . . . .	11,61
MnO . . . . .	4,22	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0,047
MgO . . . . .	9,20	S . . . . .	0,165
CaO . . . . .	1,85	CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O . . . . .	8,62
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	2,46	ZnO . . . . .	0,42.

Auch die Anwesenheit von Bitumen entspricht einer Ähnlichkeit mit den Erzen von Dannemora.

Der etwa 300 m lange Erzkörper erreicht bei wechselnder Mächtigkeit eine Dicke von 10 m.

Die Lagerstätte liegt nur 3—4 km von dem Granitstock entfernt, dem auch diejenigen von Dalkarlsberg benachbart sind.

Ganz ähnlich Dannemora sind auch die der Hällefintstufe angehörenden Magneteisenerzlager von Ställberg. Mit Strahlstein, Hornblende und Magnetit durchwachsener Kalkstein umschließt hier die nur wenige Meter mächtigen Magneteisensteinlager. Das Erz, welches einen ähnlichen Mangangehalt wie zu Viker besitzt, ist durchwachsen mit Karbonspäten, Chlorit, Hornblende und mehr oder weniger reichlichem Granat und geht ganz allmählich durch Aufnahme von Kalkspat oder durch Wechsellagerung mit Kalkstein in letzteren über. Besonders die ärmeren Eisenerze sollen mit Eisen- und Magnetkies durchsprengt sein.

Die gleichfalls nicht unbedeutenden **Sköttgruben** im Kirchspiel Ljusnarsberg liegen unmittelbar am Rande eines großen Granitmassives, das jünger ist als der die Lagerstätten umschließende Hällefintgneis. Die letzteren lassen sich über einige hundert Meter in streichender Ausdehnung verfolgen, werden mindestens 13 m mächtig und bestehen aus Magneteisen, sind gebunden an Kalksteine und scheinbar nur untergeordnet von Hornblende und Chlorit

begleitet. Teilweise sind die Erze sehr stark mit Sulfiden verunreinigt. Die Produktion war 1901 mit 29000 t eine der bedeutendsten des Gebietes.

Das Grubenfeld um den Ort **Norberg**, westlich von Sala in Westmanland, erstreckt sich innerhalb einer NNO.—SSW. streichenden, in der Hauptsache etwa 8 km langen und  $2\frac{1}{2}$  km breiten Zone von kristallinen Gesteinen, die nach Osten hin durch ein Granitmassiv begrenzt ist und nach Westen zu in erzfreies Gebirge übergeht.

Die Lagerstätten sind gruppenweise längs gewisser Schieferzonen angeordnet und gehören nach Törnebohm der jüngeren Stufe der Urformation, der sog. Euritetaße, an. Die Eurite („Granulite“) sind bald mehr graue, bald seltener rötliche Gesteine mit z. T. mächtigen Einlagerungen von Glimmerschiefer und zeigen vielfach gebogenes Streichen und westliches Einfallen (siehe die Karte Fig. 38). Nach Törnebohm bildet der Granit das eigentliche Liegende der Schichtenfolge.

Stellenweise liegt zwischen dem Granit und dem die Eisenerzlager umschließenden Schieferkomplex noch eine Zone von Glimmerschiefer. Die Erze selbst sind verteilt auf eine Menge ungefähr parallel verlaufender, sozusagen bündelweise sich vereinigender Parallellager, die wiederum durch unfündiges Nebengestein getrennt sind. Sie sind dreierlei Art. Teils sind es „torrstenar“, also Roteisensteine mit quarziger Gangart und ohne Skarn, höchstens mit etwas Granat; diese Roteisensteinlager bilden einen weit anhaltenden Zug im nördlichen Teil des Grubenfeldes und erreichen ihre größte Bedeutung im alten Morbergsfeld. An ihre Stelle treten gegen Süden zu Lager von Pyroxen-Granat-Skarn mit Linsen von Magnet Eisenstein, ganz analog den Lagerstätten von Persberg. Törnebohm hält es nicht für unwahrscheinlich, daß die erzführenden Skarnlager die eigentliche Fortsetzung der torrsten-Lager sind, letztere also in erstere übergehen.

Auch von Kalkstein begleitete Eisenerze sind im westlichen Teil des Grubenfeldes bekannt. So kommen Roteisensteine und Kalksteine auf der Kylsbo-grube und z. B. südwestlich davon auf den Klacksberggruben Magnet Eisensteine in mächtigen Kalklagern vor. Letztere sind wegen ihres Mangangehaltes wertvoll.

Nach Törnebohm besteht in dem Erzdistrikt von Norberg die folgende Altersreihe:

Unten: 1. Der untere erzführende Eurithorizont:

- a) Torrstenar;
- b) Torrstenar und Magnet Eisen mit Skarn.

2. Erzfreie Glimmerschiefer.

3. Der obere erzführende Eurithorizont führt im nördlichen Feld Torrstenar, im südlichen an Kalksteine gebundene Magnet Eisensteine.

Die wichtigsten Gruben von Norberg liegen im südwestlichen Teil des Gebietes im Klacksbergs- und Kolningbergfeld, von denen das erstere auf zwei Gruben 1901 etwa 45000 t, das zweite auf einer Grube im gleichen Jahre 25500 t Magnet Eisenerz erzeugt hat.

Die Gesamtproduktion an Eisenerzen betrug im Kirchspiel Norberg 1901 172200 t, so daß dasselbe zu den hervorragenden Eisenerzdistrikten Schwedens gehört. Die Zahl der dort bauenden Gruben betrug 1901 25.

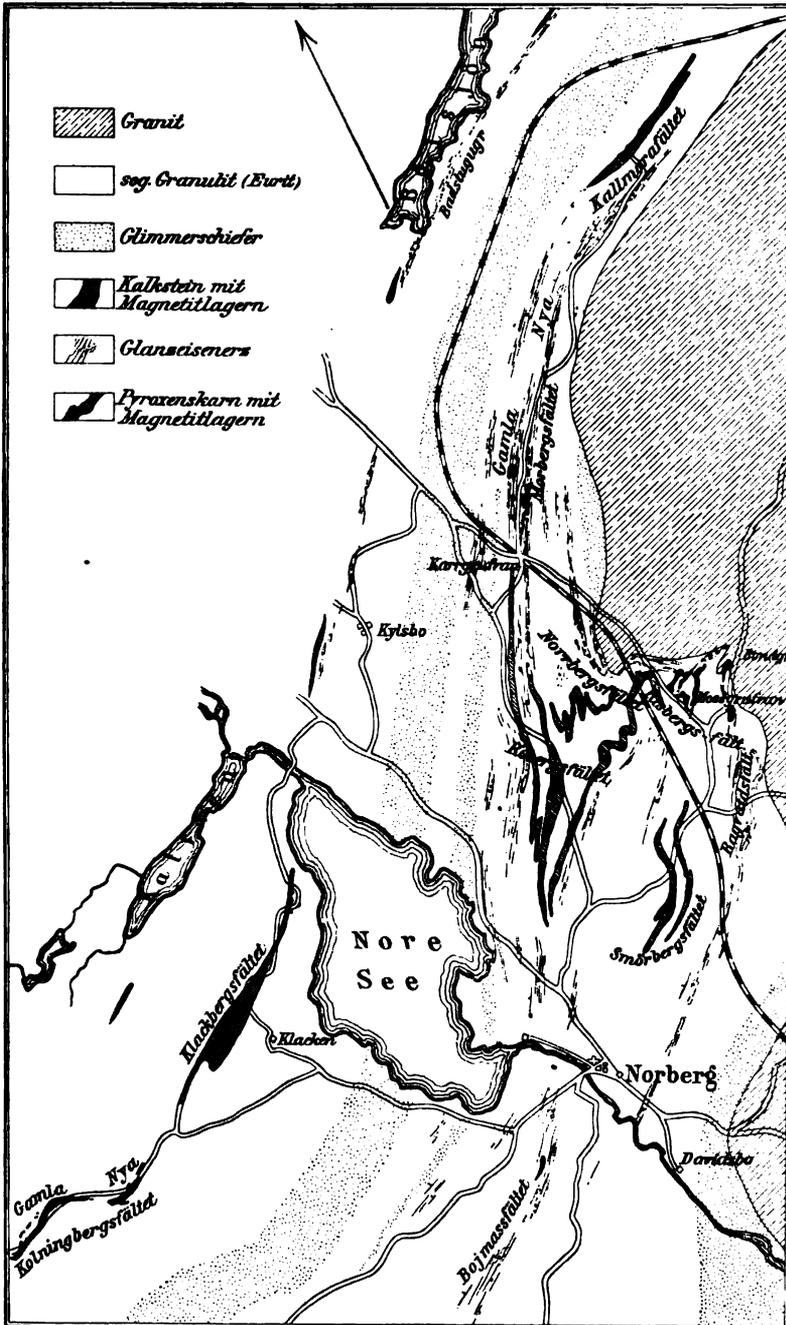


Fig. 38. Geologische Übersichtskarte über das Erzfeld von Norberg. 1:44400.  
(Törnebohm, 1874.)

Erwähnt sei noch, daß auf einigen Gruben des Kallmorafeldes auch silberhaltige Bleierze, 1901 etwa 1500 t, gewonnen werden. Auf diese Vorkommnisse soll später eingegangen werden.

Die durchschnittliche Zusammensetzung der Norbergerze gibt Nordenström<sup>1)</sup> folgendermaßen an:

	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	S	Glühverlust	Eisen
Risberg	51,31	19,89	—	0,05	1,46	3,24	1,16	22,46	0,069	0,008	0,20	50,32
Morberg	48,86	19,05	—	Spur	1,20	2,60	1,20	26,20	0,056	0,004	—	48,00
Kallmora	—	80,65	0,14	0,25	4,51	1,80	1,70	10,50	0,021	0,014	—	58,50
Klackberg	—	56,97	5,62	6,70	5,50	5,46	0,14	2,54	0,004	Spur	16,80	45,62

Einige Kilometer östlich von Filipstad, etwa 15 km südöstlich von Nordmarken liegen die Gruben von Persberg am Yngensee in Wermland. Die dortigen

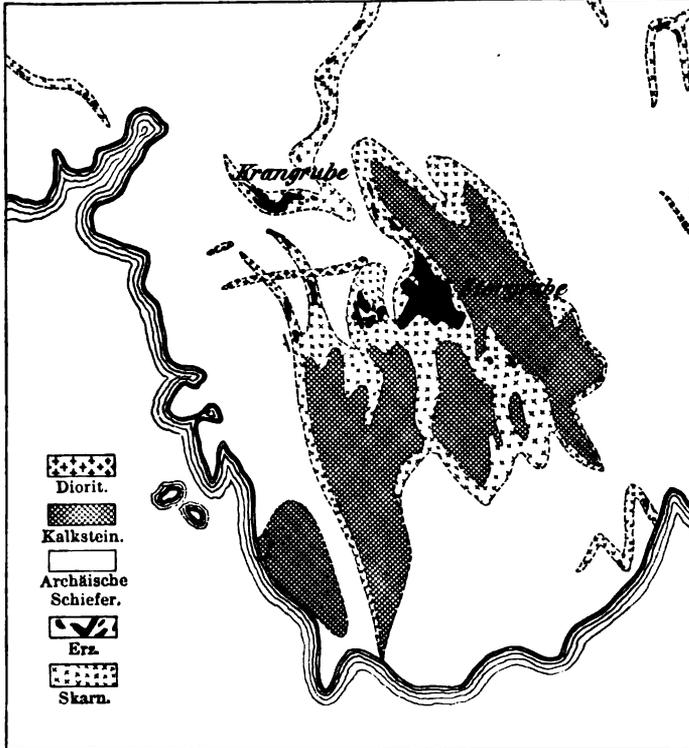


Fig. 89. Geologische Kartenskizze des Persberger Grubenfeldes. 1:11100. (Hj. Sjögren, 1886.)

Lagerstätten zeigen scheinbar die größte Ähnlichkeit mit den weiter unten zu besprechenden von Nordmarken.

Sie sind gleichfalls eingelagert in einen „Granulit“, d. h. einen sehr feinkörnigen Gneis, der seinerseits von Granit umlagert wird.

Hier sind die zahlreichen Erzkörper gebunden an Dolomit und Skarn.

Der „Granulit“ (Eurit oder Skerk, wie er von den Bergleuten genannt

wird) ist grau, selten rot, besteht aus einem dichten Gemenge von Quarz, Feldspat und etwas Glimmer und zeigt oft eine hälleflintartige, mitunter auch eine gneisartige Ausbildung. Verhältnismäßig selten ist derselbe deutlich geschichtet.

<sup>1)</sup> L'industrie minière de la Suède.

Vorzugsweise in den feldspatärmeren Abarten des Granulites kommen die Skarnlager vor. In dem ganzen Gebiete sind dieselben weit verbreitet und

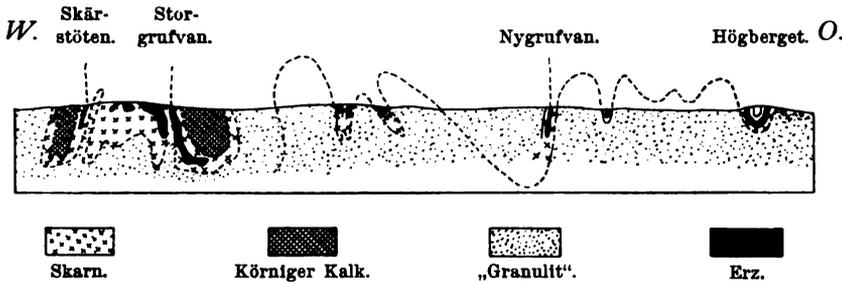


Fig. 40. Profil durch das Persberger Grubenfeld. (Törnebohm, 1875.)

folgen jenem als konkordante Einlagerungen. Törnebohm unterscheidet Hornblende- und Pyroxenskarn (Malakolithskarn), welche beide häufig an Kalkstein oder Dolomit gebunden, ja scheinbar fast untrennbare Begleiter dieser letzteren sind. Ein häufiger aber nicht stetiger Bestandteil des Pyroxenskarnes ist ein brauner Granat, der ganz ungleichmäßig verteilt ist und nicht einmal in derselben Gesteinsschicht konstant bleibt. Weitere Bestandteile des Skarnes sind Epidot und wechselnde Mengen von Kalkspat und Quarz. Nur ganz stellenweise und als Einlagerung in dem normalen Skarn kommt auch ein Talkskarn vor, der also hier nur beiläufig erwähnt sein soll. Er hat nichts zu tun mit den Talkskölarn, die da und dort die Lager durchsetzen. Zwischen dem Granulit und dem Skarnlager besteht ein ganz allmählicher Übergang, so daß das letztere nur als eine Modifikation des ersteren aufgefaßt werden kann.

Der zuckerkörnige Dolomit ist mitunter gebändert, weil er Lagen von Erz und Silikaten enthält. Nur selten kommen Kalkstein und Dolomit miteinander vor, vielmehr haben sie im allgemeinen in dem Grubenfeld ihre getrennten Verbreitungsgebiete oder sind wenigstens durch Skarnlagen voneinander geschieden. Wie die Fig. 40 zeigt, haben alle Gesteine eine intensive Faltung erfahren, auf welche nach Törnebohm die Wiederkehr der Lagerausstriche in ostwestlicher Richtung zurückzuführen wäre. Zu dieser Faltung kommen noch wiederholte Biegungen im Streichen (Fig. 39 u. 41).

Stelzner-Bergeat, Erzlagerstätten.

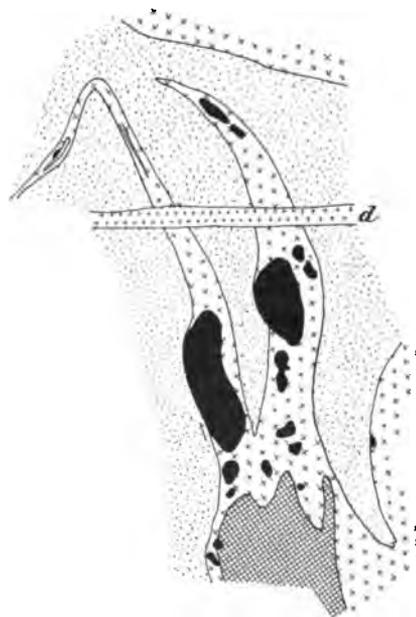


Fig. 41. Grundriß der Gruben Skärstöten und Gustaf Adolf zu Persberg. *d* Dioritgang. Die schwarzen Stellen bezeichnen die Tagebaue; übrige Zeichenerklärung siehe bei Fig. 40. (Törnebohm, 1875.)

Die Mächtigkeiten des Kalksteins und des Skarnes stehen zueinander insofern mitunter in deutlicher Beziehung, als die des ersteren abnimmt, wenn diejenige des letzteren wächst, und umgekehrt.

Das Eisenerz von Persberg besteht nur aus Magneteisenstein. Derselbe ist in Linsen und Stöcken oder Lagen durch den Skarn verteilt. Das reichste, reinste und feinstkörnige Erz enthält nur geringe Beimengungen von Pyroxen, dagegen auch dort, wo Granat im umgebenden Skarn reichlich vorhanden ist, keinen solchen. Wo der letztere im Erz auftritt, ist dasselbe arm. Im übrigen sind Erz und Skarn aufs engste aneinander gebunden, wenn auch auf ein und derselben Grube ihr Mengenverhältnis ein recht wechselndes ist. Dementsprechend ist auch die Grenze zwischen Erz und Skarn keine scharfe, beide gehen schrittweise ineinander über; der Skarn zeigt dabei eine deutliche Bänderung, und die Erzkörper liegen stets mit der Ebene größter Ausdehnung parallel der Schichtung des Skarnes. Durch letzteren sind sie aber immer von dem Granulit geschieden, nicht unmittelbar in den letzteren eingelagert.

Im Jahre 1901 produzierte Persberg nur noch 29000 t. Die größte der zahlreichen Gruben ist die Storgurufva.

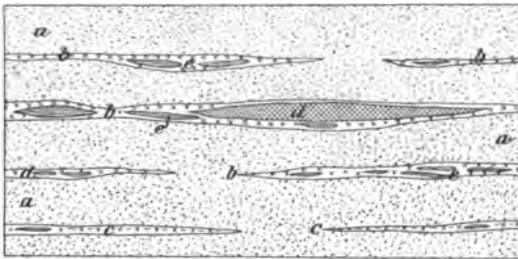


Fig. 42. Ideelle Darstellung der Lagerungsverhältnisse zu Persberg. *a* „Granulit“ (Eurit), *b* Granat-Pyroxenskarn, *c* Amphibolskarn, *d* Kalkstein, *e* Erz. (Törnebohm, 1875.)

Hausmann erwähnt von Persberg das Vorkommen von Molybdänglanz.

Es sei hier noch angefügt, daß Hj. Sjögren die Lagerstätten von Persberg und Nordmark und von Dognacska und Moravica im Banat in genetischer Beziehung zu vergleichen gesucht und auch für letztere, die nach allgemeiner Auffassung

Kontaktlagerstätten sind, eine sedimentäre Entstehungsweise zu beweisen unternommen hat. Später hat er sie für metasomatisch erklärt.

Trotz der an Kontaktlagerstätten erinnernden Beziehungen zwischen Kalkstein und Kalk-Tonerdesilikaten und trotz der teilweise großen Nähe von Graniten scheinen die Lagerstätten von Persberg und Nordmark bei den schwedischen Geologen noch fast allgemein als sedimentäre zu gelten.

Die Zusammensetzung der Persbergerze auf drei Gruben ist folgende:

	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	S	Glühverlust	Eisen
Krangurufva	71,56	5,11	0,17	4,18	4,85	0,77	12,76	0,005	0,031	—	55,79
Skärstöten.	72,17	2,20	0,27	8,53	3,42	0,85	10,51	0,024	0,029	1,92	53,97
Storgurufva.	76,08	3,60	0,09	3,13	5,12	0,95	11,35	0,005	0,025	—	57,89

Im Nordmark-Kirchspiel (Bezirk Fernebo in Wermland), 13 km gerade nördlich von Filipstad, 3 km südöstlich der Station Nordmark, wurde auf kleinem Raum seit undenklicher Zeit von etwa 20 Gruben ein Eisensteinbergbau betrieben.

Das Grubenfeld ist 300 m lang, 150 m breit und stellt ein ganz isoliertes Vorkommen inmitten von Hällefintgneis dar (Fig. 43 u. 44).

Der NNW.—SSO. streichende Hällefintgneis ist ein sehr feines Gemenge von Quarz, Feldspat und Glimmer; im Westen der Lagerstätte ist er durch eine mächtige Chlorit-Skölmasse scharf geschieden von dieser, im Osten aber, wo diese letztere fehlt, scheint ein Übergang zwischen dem Gneis und dem Skarn insofern stattzufinden, als der erstere Einsprenglinge von Amphibol und Pyroxen aufnimmt. Die

Begrenzung zwischen Gneis und Skarn ist dort unregelmäßig.

Die Magnetitlagerstätte ist gebunden an Skarn und Dolomit, seltener tritt statt des letzteren Kalkstein auf. Der Dolomit (ca. 50% Kalk- und 40% Magnesiakarbonat) ist häufig mit dunklen Silikaten, Magnetit und Manganoxiden durchwachsen, welche zu Bändern angeordnet sein können und dem Gestein dann ein streifiges Aussehen verleihen. Die Grenze zwischen Erz, Dolomit und dem Skarn ist unregelmäßig; der Dolomit umschließt oft Skarn und

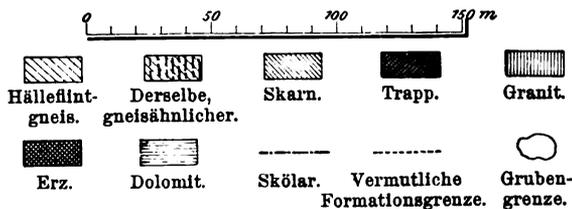
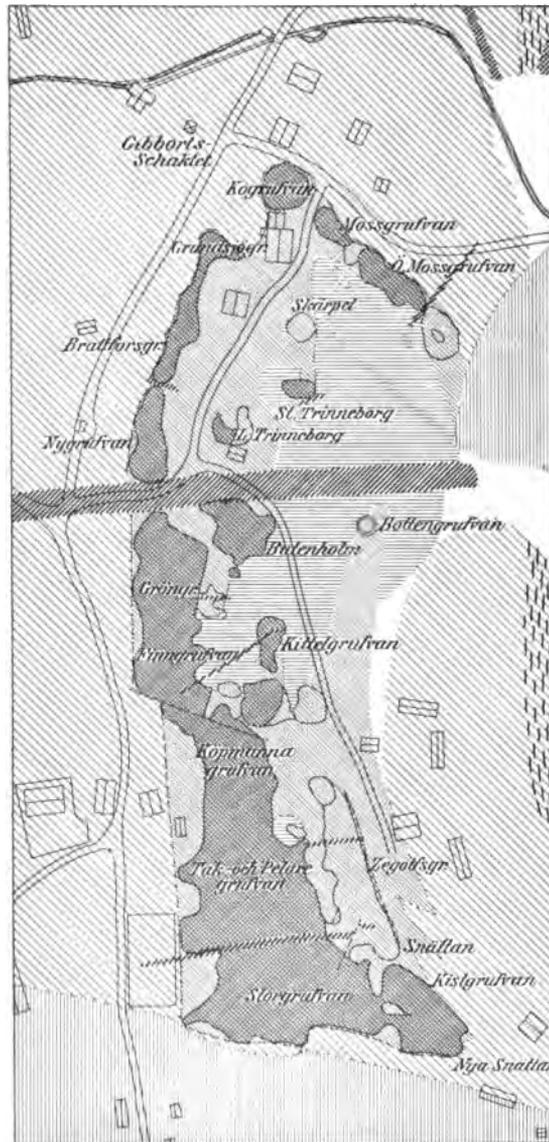


Fig. 43. Geologische Planskizze der Nordmark-Gruben (Pettersson, 1896.)

der Skarn häufig Dolomit. Ähnliches gilt für den viel selteneren grobkörnigen Kalkstein (ca. 90% Kalkkarbonat). Wo dieser letztere, der übrigens nur im

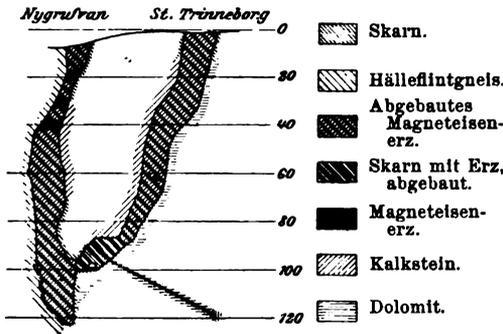


Fig. 44. Profil durch das Nordmark-Grubenfeld. (Petersson, 1896).

Skarn auftritt, vorkommt, ist nach einer lokalen Bergmannsregel kein Erz mehr zu erwarten. Der Skarn besteht fast ausschließlich aus Pyroxen, ist meist feinkörnig und dicht, von blaßgrüner bis dunkelgrüner Farbe; untergeordnet findet sich auch Amphibol (teilweise umgewandelt zu Chlorit und Serpentin) und stellenweise auch Spinell; Magnetit durchwächst den Skarn manchmal in reichlicher Menge.

Der meist feinkörnige Magnetit ist innig durchwachsen mit Pyroxen und anderen Skarnmineralien, hier und da auch reich an Serpentin. Eine von Norelius im Jahre 1891 ausgeführte Analyse des Erzes ergab:

Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> . . . . .	76,23	SiO <sub>2</sub> . . . . .	9,22
FeO . . . . .	0,72	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0,016
MnO . . . . .	0,48	S . . . . .	0,029
MgO . . . . .	4,81	Cu . . . . .	0,005
CaO . . . . .	5,64	Glühverlust . . .	1,90
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	1,73	Sa. 100,78	

Eisen = 55,76  
Phosphor = 0,007.

Der Sköl ist eine aus großschuppigem Chlorit, etwas Biotit und Hornblende bestehende Masse, welche im Westen die Lagerstätte von dem Hällefintgneis scheidet, dort ihre größte Mächtigkeit von etwa 8 m erreicht, wo das steil einfallende Lager am stärksten gefaltet ist, und die im allgemeinen allen Biegungen desselben folgt. Außer diesem Seitensköl kennt man aber auch solche Skölarbildungen, welche das Lager quer durchsetzen und Störungen verursachen. Neben Chlorit und Biotit führen sie auch kleine Quarzlinsen. Die eigentliche Bedeutung der Skölar als umgewandelte Zermalmungszonen dürfte hier außer Zweifel stehen.

Zu erwähnen sind auch noch mehrere 0,4—12 m mächtige, die Lagerstätte und das Nebengestein durchschneidende Diabasgänge. Der Skarn setzt daran scharf ab. Der eine Gang wird durch eine Sköllage verworfen.

Das Magnetisenerzlager ist hufeisenförmig gebogen und ruht im allgemeinen im Hangenden des Dolomites und Skarnes. Es liegt im großen ganzen auf dem Skarn, bildet aber auch in diesem unregelmäßige Partien, bald ganz umgeben von ihm, bald an der Grenze zwischen ihm und dem Dolomit liegend. Die Mächtigkeit des Erzes ist eine sehr wechselnde und abhängig von Verdrückungen und Faltungen: sie erreicht bis zu 30 m, beträgt aber im Durchschnitt nur etwa 10 m.

Die meisten Abbaue sind schon zu Ende des XVIII. oder Mitte des XIX. Jahrhunderts zum Erliegen gekommen; im Jahre 1896 wurde nur noch auf dreien gearbeitet.

Es muß noch erwähnt werden, daß, wie die Karte zeigt, südlich des Grubenfeldes und unmittelbar angrenzend Granit ansteht; sein Vorkommen ruft den Gedanken wach, daß die Nordmarker Lagerstätte eine Kontaktlagerstätte sein könnte. Nach Hisinger treten auf den Nordmarkgruben auch gediegen Silber, Bleiglanz und Zinkblende, Erdpech und Bergkork auf. Das Erdpech wird im Eisenstein angetroffen. Stellenweise, aber scheinbar nur ganz untergeordnet, ist auch Hausmannit vorgekommen.

Verschieden von den vorher beschriebenen Magnetitlagerstätten sind diejenigen von **Dannemora** in der Provinz Upland, nahe der schwedischen Ostküste, 100 km nördlich von Stockholm, 45 km von Upsala entfernt. Die Schichten bestehen aus einer SW.—NO. streichenden Zone von steilstehenden, der oberen archaischen Stufe angehörenden Kalksteinen und kristallinen Schiefen und Eruptivgesteinen. Die letzteren sind die „porphyrtigen Hälleflinten“, d. s., wie sich aus den typischen Resorptionerscheinungen der porphyrischen Quarze ergibt, zweifellose Quarzporphyrdecken eruptiven Ursprungs. Mit ihnen wechseln manganhaltige Kalksteine und höchst merkwürdige „gebänderte Hälleflinten“, die aus einem bis zur mikroskopischen Feinheit gehenden Wechsel von schwach silikathaltigen Kalklagen und äußerst feinkörnigen, aus Glimmer, Hornblende, Quarz, Feldspat usw. zusammengesetzten Silikatgemengen bestehen.

Der Kalkstein ist zum Teil ganz rein, zum größten Teil aber ist er durchwachsen mit etwas Magnetit und magnesia- und manganhaltig und in letzterem Fall mehr oder weniger dunkel. Auch enthält er mitunter nicht unbedeutende Mengen strahlsteinartiger Hornblende, welche ihrerseits wieder Magnetit umschließen kann.

Auch zu Dannemora spricht man von einem Skarn oder „bräcka“ und versteht darunter zähe, schmutzig dunkelgrüne, fast nur aus dunkelgrüner, feinfilzig verwachsener Hornblende, zum Teil auch aus Pyroxen und mehr oder weniger Epidot bestehende dichte Gesteine mit eingesprengtem roten Granat. Dieser Skarn ist mitunter magnetiseisenerhaltig (Malmbräcka) und begleitet die Erze. Knebelit,  $(\text{Mn}, \text{Fe})_2 \text{SiO}_4$ , Pyrosmalith,  $(\text{Fe}, \text{Mn})_4 [(\text{Fe}, \text{Mn})\text{Cl}] \text{H}_7 [\text{SiO}_4]_4$ , und Axinit kommen als seltene Mineralien auf Klüften des Skarnes vor. Bemerkenswert ist auch das Auftreten des sonst in Schweden seltenen Schwerspats und von Asphalt auf Kalkspatklüften; Kugeln des letzteren werden von Kalkspatkristallen umschlossen.

Eine wenig verbreitete Abart des Skarnes besteht aus einem filzigen Aggregat von Hornblendenadeln, Chlorit, Granat und Quarzkörnern.

Wie gesagt, findet sich Magneteisenerz, welches das einzige Eisenerz von Dannemora ist, sowohl im Kalkstein wie im sog. Skarn eingesprengt und außerdem in großen, fast reinen, linsenförmigen Massen. Im ganzen schwankt der Eisengehalt derselben zwischen 20 und 65 0/0, je nachdem das Erz durch Kalk oder Silikate mehr oder weniger verunreinigt ist. Überhaupt bestehen zwischen

gebänderter Hälleflinta, dem weißen und dunklen Kalkstein, den Amphibolgesteinen und dem Erz alle Übergänge. So gibt es amphibolreiche Kalksteine und kalkreiche Skarne, und dergleichen Übergänge stellen sich zwischen den reinen Ausbildungsformen dieser Gesteine im Streichen und in der vertikalen Schichtenfolge ein; dasselbe gilt für Magneteisen und Kalkstein einerseits und Skarn andererseits im Streichen und Fallen. In der Richtung der Mächtigkeit aber sind nach Törnebohm im allgemeinen die Grenzen der Erzkörper etwas schärfer.

Es muß noch erwähnt werden, daß im südlichen Teil des Feldes auch Sulfide, wie Bleiglanz, Magnetkies, Kupfer- und Arsenkies, insbesondere aber Zinkblende und Schwefelkies, dem Magneteisenerz beigemischt sind. Die alte „Schwefelgrube“ hat dieselben abgebaut. Sie bilden dort eine unregelmäßige Zone, die im großen ganzen NW.—SO. streichend in schiefer Richtung das Magnetitlager durchschneidet; auch sonst kommen im südlichen Feldesteil, besonders an den Grenzen der Eisenerzlinen, Sulfide vor. Daß diese letzteren spätere Einwanderer sind, geht wohl daraus hervor, daß dort der an die Lager anstoßende Granit im Kontakt gleichfalls mit Zinkblende und Bleiglanz durchwachsen ist.

Felsitporphyr- und Dioritgänge, untergeordnet auch Proterobasgänge, durchsetzen das Gebiet. Die ersteren bewirken manchmal nicht unerhebliche Verwerfungen. Endlich werden auch durch „Chloritskölar“ im ganzen geringfügige Störungen verursacht.

Die Abbaue von Dannemora liegen innerhalb einer etwa 2000 m langen und 200 m breiten Zone. Besonders im Mittelfeld, auf welchem die Gruben Storrymningen, Jord- und Ödesgrufva, Jungfrugrufva, Dammsgrufva und Hjulvindsgrufva bauen, hat das Erz eine kolossale Entwicklung. Im östlichen Teil desselben ist die Magneteisenmasse etwa 30 m mächtig, gegen Westen zu löst sie sich in drei dem Kalkstein eingelagerte Erzkörper auf, welche durch zwei Kalkstein-Skarnmassen getrennt sind, die manchmal auch untergeordnete Hälleflintbänder aufnehmen.

Die durchschnittliche Zusammensetzung des Eisenerzes von Dannemora ist folgende:

	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	S	Glühverlust	Eisen
Nordfeld.	65,86	1,43	0,89	4,34	7,62	1,08	15,32	0,002	0,171	2,80	48,80
Mittelfeld	71,65	0,71	2,23	5,66	5,20	1,49	9,30	0,005	0,027	3,00	52,44
Südfeld .	72,25	1,50	2,05	4,14	5,50	2,60	8,90	0,007	0,038	1,80	53,49

Das gesamte Erzareal beträgt 12500 qm; gefördert wurden im Jahre 1901 im Süd-, Mittel- und Nordfeld 44356 t.

Der Eisenstein von Dannemora ist dicht und feinkörnig, an der Luft schnell anlaufend; wegen seines geringen Phosphorgehaltes ist er seit langem berühmt. Er wird seit 1565 auf den nahegelegenen Hütten von Österby verhüttet. In früherer Zeit fand der Abbau in kolossalen, bis zu 170 m tiefen Tagebauen statt;<sup>1)</sup> jetzt ist der unterirdische Bergbau bis zu Tiefen von über 250 m (1895 bis zu 258 m) vorgedrungen.

<sup>1)</sup> Siehe Hausmanns lebendige Schilderung im IV. Bd. der Reise durch Skandinavien, 69—103.

Zur Statthalterei Södermanland gehört die Insel Utö südlich von Stockholm mit einem etwa 5000 qm großen Grubenfeld; die Gruben sind jetzt auflässig. Auch die dortigen Eisenerze sind gebunden an die „Euritstufe“ und im besonderen an die derselben eingelagerten körnigen Kalksteine. Nach Törnebohm<sup>1)</sup> bilden die Eurite dort eine in den älteren roten Gneis eingelagerte Mulde. Die eisenglanzhaltigen Magnetiseisenerzlinen sind unregelmäßig gestaltet, bis zu 40 m mächtig und von Hornblendegestein umhüllt. Das Schichteneinfallen beträgt ungefähr 70° NW.

Zwei Pegmatitmassen durchsetzen Erz und Nebengestein. Die Insel Utö ist als Fundpunkt von Mineralien bekannt, deren Vorkommen jedenfalls zum größten Teil mit den Pegmatiten im Zusammenhang steht. Es werden erwähnt: Arsenkies, Zinnerz, tantalhaltige Mineralien (Mikrolith und Mangantantalit), Flußspat, Apophyllit, Datolith, Spodumen, Petalit, Lepidolith, Turmalin; ferner gediegen Silber, Kupferglanz, Bleiglanz, Pyrit, Magnetkies usw.

Wie die Eisenerze von Grängesberg, so haben auch diejenigen von Gellivara und die weiterhin zu besprechenden kolossalen Erzmassen von Kirunavara und

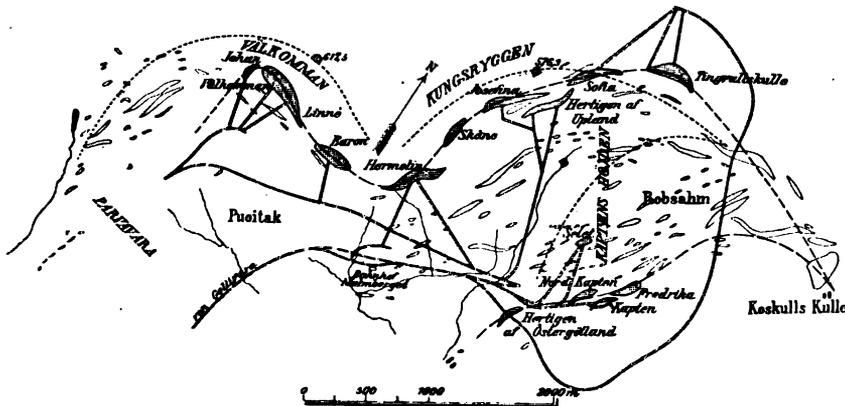


Fig. 45. Überblick über das Eisenerzfeld von Gellivara. (Wedding, 1898.)

Luossavara erst der vorgeschrittenen, auch hochphosphorhaltige Erze verwertenden Eisenindustrie der heutigen Zeit ihre Nutzbarmachung zu danken.

Der Ort Gellivara liegt etwa 200 km nördlich von dem Hafentort Luleå, der durch den Eisenerzexport eine besondere Wichtigkeit erreicht hat und mit den Gellivaragruben und weiterhin seit November 1902 durch die von Gellivara ausgehende Ofotenbahn<sup>2)</sup> auch mit der norwegischen Küste verbunden ist. Diese letztere Eisenbahn soll auch der Erschließung anderer lappländischer Eisenerzlagerstätten dienen.

<sup>1)</sup> N. Jahrb. 1874, 136, 138, Taf. IV.

<sup>2)</sup> Der Endpunkt dieser fast 300 km langen Bahn, Narvik, ist ein eisfreier Hafen an der norwegischen Westküste, während der schwedische Hafen Luleå acht Monate lang mit Vereisung zu kämpfen hat. Über die Bedeutung der Ofotenbahn siehe u. a.: Die schwedisch-norwegische Unionsbahn Luleå-Ofoten; Stahl u. Eisen, XIX, 1899, in verschiedenen Nummern. Karten und Abbildungen. — Mewius, Der Erzreichtum Nordschwedens; Berg- u. Hüttenm. Ztg., LIX, 1900, 499—501.

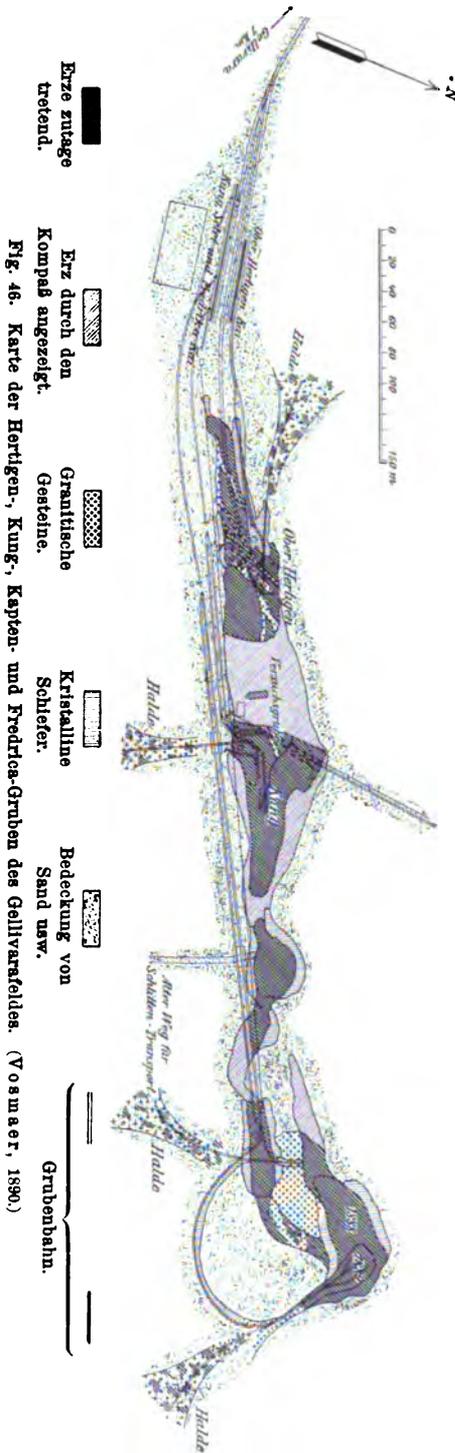


Fig. 46. Karte der Hedigen-, Kung-, Kapten- und Fredrica-Gruben des Gallivarafeldes. (Vosmaer, 1890.)

Der Erzberg von Gellivara ist noch 80 km jenseits des Polarkreises gelegen; er hat eine relative Höhe von 200 m, eine absolute von 618 m. Der Berg besteht nicht aus einer einheitlichen Erzmasse, sondern aus einer großen Anzahl von Linsen, von denen nur die größeren und über der Talsohle liegenden bearbeitet werden (Fig. 45 u. 46). Vor dem Abbau sind größere oder geringere Mengen von Gletscherschutt zu beseitigen. Nach vorstehender Karte sind die verschiedenen Linsen zu zwei Hauptzügen geordnet, von denen der längere, stark gebogene etwa 4 km lang ist. Die Ausmaße einiger Linsen betragen:

	Länge m	Mächtigkeit m
Johan . . . . .	120	40
Sophia . . . . .	450	50—60
Tingvallskulle . . . . .	300	110

Die Gesamtlänge des Erzfeldes wird auf 5900 m, die Breite auf 1800 bis 3000 m angegeben.

Die Erze sind bald Magnetit, bald Roteisenstein, bald beides; in der Mitte der Linsen tritt nach v. Post Roteisenstein, randlich Magneteisen auf. Der Apatitgehalt ist in den verschiedenen Linsen ein verschiedener; ist auch innerhalb derselben Linse nicht gleichmäßig verteilt, ja das Mineral tritt häufig sogar in ganz derben gelben, grünlichen oder rötlichen Massen auf. Das Erz ist grobblättrig oder mehr oder weniger grobkörnig kristallinisch, manchmal verwachsen mit Strahlstein, Quarz, Kalkspat oder Glimmer und zeigt zuweilen auch eine recht deutliche Bankung und Bänderung. Schwefelkies, manchmal in schönen großen Kristallen, ist nicht selten, er ist zu meist in Strahlstein eingebettet; selten

sind Epidot und Granat. Als weitere bemerkenswerte Vorkommnisse werden Flußspat, Korund, Chrysoberyll und Desmin genannt. Der Phosphorgehalt schwankt von 0,05% und weniger bis zu mehr als 1,5%.

Das Nebengestein der Gellivaraerze ist nach Löffstrand nur auf der Südseite des Berges ein Eisengneis (roter Gneis), im übrigen aber zumeist Hornblendeschiefer und Gabbro (Gabbrodiorit). Die Frage nach dem eigentlichen Wesen dieser deutlich geschichteten Gesteine, die übrigens nach Ansicht mancher schwedischer und norwegischer Geologen ihre Schichtung auch der Regionalmetamorphose verdanken könnten, ist trotz aller Erörterungen noch offen. Die Mehrzahl der skandinavischen Geologen hält dieselben für umgewandelte saure und basische Eruptivgesteine (s. unten).

Zahlreiche Pegmatitgänge durchsetzen die Gellivaraerze, ohne, wie dies zu Grängesberg der Fall sein soll, merkliche Verwerfungen zu bewirken.

Im Jahre 1901 wurden zu Gellivara 1076564 t Erz gefördert und über Luleå exportiert. Schon vor über hundert Jahren hatte man einen Abbau des Gellivaraerzes versucht; nach verschiedenen Krisen nahm die Ausfuhr desselben einen größeren Umfang an, und seit 1892 verhüteten zahlreiche Hohöfen, besonders im Rheinland, in Westfalen und in Oberschlesien, diese Erze.<sup>1)</sup>

Der Apatit von Gellivara hat für die Phosphatdarstellung Verwendung gefunden. Wie bei manchen anderen der großen schwedischen Eisenerzlager, so ist auch bezüglich Gellivara der Gedanke erörtert worden, den Ertrag dieser Erzschatze unter Ausschluß ausländischer Unternehmungen dem eigenen Lande zu sichern.

Auch die Eisensteinvorkommnisse von **Kirunavara** (d. h. der „Schneehuhnberg“) und **Luossavara** (der „Lachsberg“) sind schon im Jahre 1736 bekannt geworden, und letztere haben sogar, wenn auch in kleinem Maßstab, von Zeit zu Zeit einigen Abbau erfahren. Die ausgiebige Nutzbarmachung dieser ungeheuren Eisenschätze gehört aber der Zukunft an.

Die beiden Lagerstätten sind zuletzt von Lundbohm untersucht und beschrieben worden. Sie liegen rund 90 km nordnordwestlich von Gellivara unter dem 67° 50' nördl. Br. am Torne-Elf, der bei Haparanda in den Bottnischen Meerbusen mündet. Durch den langgestreckten Luossajärvi-See sind sie voneinander geschieden, gehören aber ein und demselben 8 km langen NS. streichenden Gebirgszuge an.

Der Kirunavara-Erzberg ist ein ungefähr 4 km langer, etwa 750 m über den Meeresspiegel und gegen 250 m über die sumpfige Umgebung ansteigender Rücken; das Erz steht fast allenthalben frei zutage, teilweise nur ist es von Moränenschutt bedeckt. Es bildet ein fast ohne Unterbrechung hinstreichendes gewaltiges Lager und einige kleinere Erzlinsen zwischen porphyrartigen Hällefinten; der offizielle Bericht von 1877 unterscheidet graugrüne Hällefinten im Westen und rote im Osten der Lagerstätte. Die Ansichten darüber, ob diese Gesteine als eruptive oder sedimentäre aufzufassen sind, gehen, wie weiter unten noch erörtert werden soll, auch hier auseinander. Es verdient Beachtung, daß am Aufbau der Umgebung des Erzberges auch Konglomeratbänke

<sup>1)</sup> Geschichtliches siehe bei Torell.

und Schieferschichten beteiligt sind, und daß die ersteren Gerölle von Roteisenstein, stellenweise auch ganze Bänke von diesem Erz umschließen. Quarzitsandstein bildet das Hangende der Schiefer.

Im Gegensatz zu den früheren Anschauungen dürfte das Einfallen der Lagerstätte ein ziemlich flaches sein (etwa  $45-60^\circ$  nach O.), weshalb auch ihre wirkliche Mächtigkeit geringer ist, als man ehemals vermutet hatte; sie beträgt immerhin 34—152 m, während die Breite des Ausstriches fast immer mindestens 100, ja sogar 150 und 255 m mißt.

Die Oberfläche des Kirunavaraerzfeldes ist auf 376000 qm, die darin enthaltenen Erzmassen sind auf 215 Millionen Tonnen geschätzt worden. Damit ist dasselbe das größte der skandinavischen Vorkommnisse und sicherlich eines der bedeutendsten der Erde überhaupt.

Der Luossavara-Eisenberg umschließt ein fast senkrecht einfallendes, ca. 1200 m langes Haupterzlager, welches zutage eine Mächtigkeit von 30 bis 55 m hat; nach der Tiefe zu scheint es weniger mächtig zu werden. Im ganzen ist dieses Vorkommen, welches gleichfalls aus mehreren Lagen besteht und eine Oberfläche von 54000 qm und über dem Luossajärvi-Spiegel einen Erzvorrat von 18 Millionen Tonnen besitzen soll, noch wenig bekannt.

Die Kirunavara-Erze sind Magnetite ohne jede Gangart, mit Ausnahme von Apatit, der allerdings stellenweise in größter Menge, in dünnen Durchtrümmungen, in körniger Beimengung und sogar in bis zu 15 m mächtigen, fast ganz reinen Linsen auftritt. Übrigens ist der Phosphorgehalt auch hier an den verschiedenen Punkten recht verschieden, sinkt bis zu 0,004 ‰, beträgt aber in der Regel einige Prozent. Im großen Durchschnitt enthält das Erz 60—70 ‰ Eisen, wenig Schwefel und Mangan und zwischen 0,32—0,95 ‰ Titan.<sup>1)</sup>

Am Luossavara tritt neben Magneteisenstein auch Roteisenerz auf; im übrigen sollen die dortigen Erze im ganzen apatitärmer sein als zu Kirunavara, ihr Titangehalt aber beträgt bis zu 1,5 ‰.

Außer den Lagerstätten von Kirunavara und Luossavara kennt man noch eine große Anzahl anderer ähnlicher, zum Teil sehr zukunftsreicher in der weiteren Umgebung dieser Berge und der Ofotenbahn. Am wichtigsten ist das Vorkommen von **Svappavara**, 37 km südöstlich vom Kirunavara-Erzberg, 65 km nordnordöstlich von Gellivara, unter dem  $67\frac{1}{2}^\circ$  nördl. Breite. „Das Eisenerzvorkommen besteht aus einem System von langgestreckten Erzlinsen, die von „Syenitgranulit“<sup>2)</sup> umgeben sind; sie erstrecken sich von Norden nach Süden und

<sup>1)</sup> Spezielle Angaben in Ztschr. f. prakt. Geol., 1898, 425—426, nach Lundbohm.

<sup>2)</sup> \* Einige Dünnschliffe von dem Material, welches die Clausthaler Sammlung Herrn Geheimrat Köhler verdankt, zeigen folgendes. Das verbreitetste Nebengestein der Lagerstätten ist ein ziemlich feinschuppiger Biotitgneis von deutlicher Kataklaststruktur, mit viel Orthoklas, mit Quarz und etwas Plagioklas. Er ist reich an Zirkon und Apatit, arm an Epidot und Zoisit und besitzt einen ziemlich großen Gehalt an Magneteisenerz, der ungefähr einem Drittel der Biotitmenge gleichkommt. Das Erz ist zweifellos primär. Das Gestein kann als ein ausgewalzter Granit oder Syenit betrachtet werden. — Armes Eisenerz besteht aus viel Glimmer, welcher (infolge Verwitterung?) gebleicht,

fallen steil gegen Osten ein. Die ganze Länge beider Linsen beträgt 1300 m, die Breite schwankt zwischen 15 und 75 m und beträgt im Mittel 40 m. Die Gesamt-erzfläche berechnet sich auf 50 000 qm<sup>2</sup> (Vogel nach Petersson). Die ganze, durchschnittlich 70 m über dem Niveau der Ofotenbahn anstehende Erzmenge ist auf 13 000 000 t berechnet worden. Im Norden herrscht Magnetitstein, im Süden Roteisenstein vor; sie sind aufs innigste gemischt mit Kalkspat und besonders Apatit. Beiderseits beträgt durchschnittlich der Gehalt an Eisen 61—62%, an Phosphor 1%, an kohlen-saurem Kalk 0—20%, an Titan 0,09—0,45%, an Schwefel 0,012 bis 0,06%. Der Eisenglanz ist feinkörnig und enthält etwas Granat in Drusen oder Linsen. Wo infolge der oberflächlichen Einwirkung von Lösungsmitteln der Kalk und Apatit entfernt sind, zerfällt der Eisenglanz in einen losen Eisensand. Dieser letztere ist nur stellenweise angetroffen worden, reicht aber dann bis in die Tiefe von mehreren Metern. Im Liegenden des Eisenerzes kommen Kupfererze (Rotkupfererz und Malachit) vor.

Ein anderes, vielleicht noch umfangreicheres Eisenerzfeld, dessen Erze allerdings unter einer 3—14,5 m mächtigen Erd- und Moorbedeckung begraben liegen, ist dasjenige von Leveäniemi bei Svappavara, ein weiteres im Mer-tainengebirge, 14 km von letzterem Ort. „Das Gebirge besteht teils aus Syenitporphyr, teils aus Schwarzerz (Magnetit) und teils aus gewissen eigen-artigen Gesteinsarten, die zwischen beiden stehen. Im ganzen Gebiet wurden 150 Sprengungen und Schürfungen vorgenommen. An 37 verschiedenen Stellen wurde Erz aufgefunden, an anderen Stellen dagegen traf man eine magnetit-reiche Erzbreccie, welche in dem mittleren Teil des Feldes aus umgewandelten, gewöhnlich skapolith- und magnetitreichen, meist etwas abgerundeten Bruchstücken von Syenitporphyr besteht, die überwiegend durch Magnetit nebst etwas Horn-blende zusammengekittet ist. Diese Erzbreccie, bei welcher die Magnetitfüll-masse in sehr reichlicher Menge vorhanden ist, enthält bisweilen auch Drusen von Schwarzerz, welche indessen nur selten bedeutende Ausdehnung besitzen. Gegen die Seiten zu geht diese skapolithführende Breccie in eine erzärmere Breccie über, in der die Bruchstücke scharfkantig sind und aus nicht umge-wandeltem Syenitporphyr bestehen. In dieser letzteren, die ganz allmählich zuerst in Syenit mit unregelmäßigen Magnetitadern und schließlich in Syenitporphyr ohne diese Adern überführt, treten hier und da verhältnismäßig größere Erz-partien auf. Ihre Ausdehnung ist noch nicht mit Sicherheit bekannt und dürfte sich wohl auch erst nach umfangreichen Schürfarbeiten und Diamantbohrungen er-mitteln lassen“ (Vogel nach Petersson). Das Erz ist zumeist sehr arm an Phosphor und Schwefel, dagegen scheinbar ziemlich reich an Titan.

ja scheinbar völlig farblos geworden ist, so daß man Muscovit vor sich zu haben glaubt. Turmalin und viel Apatit begleiten das Erz, Quarz und Feldspat sind kaum mehr zu beobachten, aber auch Zoisit und Epidot scheinen höchstens spärlich vorzukommen. Reicheres Erz ist innig durchwachsen mit Apatit. Ein ziemlich eisenerzfreies, dagegen mit Malachit durchsprengtes Gestein besteht fast ganz aus vorwaltenden Zoisit, Epidot (z. T. sehr schöner roter Manganepidot) und gebleichtem Glimmer, daneben enthält es Turmalin.

Nach den mir vorliegenden Schliffen halte ich eine sedimentäre Entstehung der Svappavara-Erze für wenig wahrscheinlich. Bergeat.

Andere mehr oder weniger phosphorreiche Vorkommnisse sind:

Painirova, zumeist Magnet Eisen mit teilweise grobkörnigem und unregelmäßig verteiltem Apatit. Nebengestein „Syenitporphyr“.

Ylipäsajaska, Magnet Eisen in Syenitgranulit.

Nokutusvara, Magnet Eisen mit Feldspateinlagerungen und Eisenglanz.

Tuolluvara, zwei Erzmassen von 400 und 200 m Länge. „Das Erz ist ein sehr feinkörniges Schwarzerz (Magnetit), das isolierte unregelmäßige Klumpen von grobkristallinischem Eisenglanz und schmale Streifen von lichtgrünem Strahlstein enthält.“

Rakkurijoki, Magnet Eisenerz mit Einlagerungen von Talk.

Nakerivara, feinkörniger Magnetit mit Pyroxen und Apatit.

Die zuletzt genannten Vorkommnisse sind noch wenig untersucht und werden teilweise wohl auch ohne Bedeutung bleiben. Wegen der Einzelheiten und insbesondere wegen der zahlreichen Analysen sei auf den Bericht von Svenonius und Petersson, bezw. auf die genannten Auszüge aus demselben verwiesen.

Im Gebiet der nordschwedischen Eisenerzlager sind die kristallinen Schiefer an verschiedenen Stellen kupfererzführend, so bei Svappavara, im Nautanen-Erzfeld usw. Eine nennenswerte Kupfererzgewinnung scheint indessen noch nicht stattzuhaben.

Die hier vorläufig unter den schichtigen Lagerstätten besprochenen Eisenerzvorkommnisse des nördlichen Schwedens sind, was ihre Entstehung anlangt, noch immer der Gegenstand lebhafter Diskussion, und ihre Geologie birgt noch zahlreiche ungelöste Rätsel. Zunächst gehen die Ansichten über das eigentliche Wesen der sie umschließenden „Gneise“, „Granulite“ und „Hällefinten“ und der ihnen manchmal benachbarten Hornblendeschiefer und „Gabbros“ diametral auseinander. So hält v. Post (mit Brögger) den Gneis von Gellivara für einen durch Gebirgsdruck veränderten Granit. Lundbohm hat gleichfalls die eruptive Entstehung der Gellivaragesteine vertreten und bezeichnet die Hällefinten von Kirunavara und Luossavara als Porphyre. Ähnlicher Ansicht ist auch Löffstrand, während vor allem Ant. Sjögren eine sedimentäre Entstehung des Gellivaragneises und Fröholm eine solche der Kirunavara- und Luossavaragesteine behauptet hat.

Die allgemein beobachtete Konkordanz zwischen den Erzlagern und dem Nebengestein könnte von vornherein auf den Gedanken bringen, daß man es hier mit unmittelbar hintereinander gebildeten Ablagerungen und schichtigen Lagerstätten zu tun habe, wie das Sjögren annimmt. Auch Törnebohm, der gewissermaßen eine vermittelnde Stellung innehält, erblickt in den Hällefinten von Kirunavara und Luossavara zwar Porphyrergüsse, nimmt für dieselben aber verschiedenes Alter an und glaubt, daß zwischen den (unteren) grauen und (oberen) roten Hällefinten das Erzlager sedimentär und zwar im Zusammenhang mit der Eruption des unteren Porphyrs infolge chemischer und mechanischer Prozesse entstanden sei.

Demgegenüber hat aber vor allem Löffstrand auf den allgemein verbreiteten und bis zu 2% betragenden Titangehalt und den merkwürdigen Apatitreichum dieser Lagerstätten aufmerksam gemacht, die beide mit einer sedimentären Entstehungsweise sich nur schwer vertragen, dagegen geradezu auf einen Zusammenhang mit den z. B. bei Gellivara sehr verbreiteten „Gabbros“ hinweisen.

Demnach sollen die Erze Ausfüllungen von Spalten sein, welche während der Regionalmetamorphose durch Aufblätterung längs der Schichtfugen entstanden wären. Auch den Skarn von Gellivara hält Lofstrand für ein basisches, späterhin umgewandeltes Eruptivgestein.

Die Annahme, daß die apatitführenden Eisenerze Norrbottens in genetischer Beziehung zu Gabbros stünden, hat man dadurch zu unterstützen versucht, daß man auf das tatsächliche Vorkommen von Apatitgängen hinwies, welche alle Analogien mit den südnorwegischen Apatitlagerstätten zeigen und gleichfalls an Gabbros gebunden sind. Solche Gänge finden sich bei Dundret in der Gegend von Gellivara.

Högbom<sup>1)</sup> hat die norrbottenschen Eisenerzlagerstätten mit denjenigen des Blagodat und der Wissokaja verglichen und für beide das Zutun magmatischer Differentiation behauptet; Hj. Sjögren erklärt dieselben und die Lagerstätten von Grängesberg für metasomatische Bildungen und hält sie für analog den Vorkommnissen von Pilot Knob, Iron Mountain und anderen Eisenerzlagerstätten in Missouri.

Trotz ihres teilweise außerordentlich hohen Apatitgehaltes werden die Eisenerzlager von Grängesberg doch scheinbar fast allgemein für Sedimente gehalten, und die über die norrbottenschen Erze geführte Diskussion hat sich auf diese Vorkommnisse kaum erstreckt.

Es mögen hier noch die eisenhaltigen „Gneisgranite“ (Jern-Granitel) von Solberg-Lyngrot, nördlich von Arendal in Südnorwegen genannt werden. „Das Gestein, welches das Gebirge von Solberg zusammensetzt, besteht aus Feldspat, Quarz und Magnetit in feinsten Partikelchen, deren deutlich parallele Anordnung dem Gestein das äußere Aussehen eines Gneisgranites verleiht.“ Diese Eisenerze finden sich in einer Erstreckung von gegen 15 km und haben früher zu zahlreichen Abbauen Veranlassung gegeben. Zu Solberg selbst wurden zwei reine Magnetitmassen abgebaut, welche sich in das Nebengestein vielfach verästelten; dabei sollen die Mächtigkeiten nach Kjerulf und Dahll so rasch gewechselt haben, daß ein Lagerstättenbild entstand ähnlich „einem mit Trauben beladenen Weinstock“; sie schwankten zwischen mehreren Metern und einigen Zentimetern. Zu Solberg wurde die Erzmasse von einem an Magnetit reichen Zirkonsyenit durchsetzt, so daß eine epigenetische Entstehung derselben vielleicht denkbar ist. Stellenweise ist das Erz phosphorhaltig oder auch durch Apatiteinlagerungen gebändert. Vogt schließt hieraus eine Analogie zwischen diesem Vorkommen und dem von Gellivara.<sup>2)</sup> Im übrigen scheint dasselbe nur recht unvollständig bekannt zu sein.

Die Gruben von Solberg-Lyngrot sind seit Ende der 1850er Jahre aufflässig.

Fast zahllose Eisenerzlagerstätten harren im nördlichen Norwegen noch ihrer Erschließung. Sie sind bekannt unter den Lokalnamen **Dunderlandsdal** und **Naeverhaugen** im Nordlands-Amt (65—69° nördl. Breite). Nach Vogt herrscht dort die nachstehende Schichtenfolge:

<sup>1)</sup> Om de vid syenitbergarter bundna jernmalmerna i östra Ural; Geol. För. Förh., XX, 1898, 115—134.

<sup>2)</sup> Förh., XVI, 1894, 278—279.

1. (Unten) „Eine Glimmerschiefermarmorgruppe, unter anderem mit großartigen Lagern von Kalkspat- und Dolomitmarmor und in den mittleren und oberen Horizonten mit zahlreichen Eisenerzlager.“
2. Eine jüngere Gneisgruppe (oder Glimmerschiefergneisgruppe).
3. Die Sulitelmaschiefergruppe.“

Die Glimmerschiefermarmorgruppe ist ausgezeichnet durch staurolith-, disthen- und andalusitführende Gesteine mit Zwischenlagerungen von Hornblendschiefern, Quarzschiefern und Phylliten.

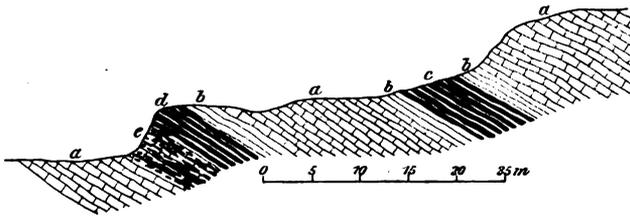


Fig. 47. Profil durch den Schurf nahe der Gamlegrube bei Fuglevik, Dunderlandsdal. *a* Kalkstein, *b* Schiefer, *cd* Eisenglimmerschiefer, *e* wechselnde Lagen von Magnetit und Kalkstein. (Vogt, 1894.)

Die über eine 400 km lange Erstreckung ver-

teilten Eisenerzlager erreichen 1—2, ja auch 5—8 km streichende Ausdehnung und 30—60 m, selten 75—100 m, im Durchschnitt aber 3—10 m Mächtigkeit.

Der Charakter der Mineralführung scheint kein ganz einheitlicher zu sein; in der Regel aber handelt es sich um quarzige Eisenglanz-Magnetitlager, also richtige Torrstenar. Die manganreicheren führen Granat; Hornblende, Pyroxen, Glimmer, Feldspat usw. sind außerdem häufig. Kalkspat tritt in mikroskopischer

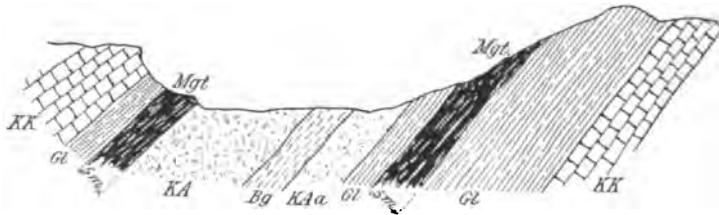


Fig. 48. Profil durch den Hasselbomschurf bei Naeverhaugen. *KK* Kalkstein, *Gl* Glimmerschiefer, *Mgt* Magnetitlager, *KA* Kalkamphibolit, *Bg* Biotitgneis, *KAA* augitführender Kalkamphibolit. (Manuskript-Zeichnung von Stelzner, 1890.)

Verteilung auf, Eisenglanz überwiegt im allgemeinen den Magnetit. Im großen ganzen können die Erze als Eisenglimmerschiefer (Itabirit) bezeichnet werden.

Der Eisengehalt der Erze ist wegen der reichlich beigemengten Lagerarten ein niedriger und beträgt ungefähr 40% im Durchschnitt. Man beabsichtigt daher die Erze im großen Maßstab der elektromagnetischen Sonderung zu unterwerfen. Der Mangangehalt schwankt; zu Dunderlandsdal beträgt er 0,2—0,35, zu Naeverhaugen 0,44—1,0%, auf anderen Lagern (zu Ofoten, Ibbestad und Salangen) aber manchmal 5, ja sogar über 10%. Der von Apatit herrührende Phosphorgehalt erreicht durchschnittlich 0,2%, der Schwefelgehalt 0,01—0,02%; Titan ist höchstens in Spuren nachweisbar.

Die wichtigsten Vorkommnisse dieser Gegend sind diejenigen von Dunderlandsdal und Naeverhaugen. Die Erzlager sind eingeschaltet zwischen

Glimmerschiefer und Tonglimmerschiefer mit mächtigen Kalk- und Dolomit-Einlagerungen. Die Eisenerze von Dunderlandsdal oder Ranen, am Ranenfjord unter dem Polarkreis gelegen, lassen sich 35—40 km weit, speziell beim Hof Dunderland ununterbrochen auf 5,5 km verfolgen und sind dabei 10—65 m (im Durchschnitt 20—25 m) mächtig. Die Ranenerze sind hauptsächlich Eisenglanz mit untergeordnetem Magnetit und stellen das größte Itabirit-Vorkommen Europas dar. Akzessorisch beobachtet man in dem Lager außer viel Quarz Hornblende, Biotit, Granat, Epidot, Feldspat, ganz wenig Kalkspat, Titanit usw. Der Phosphorgehalt beträgt 0,06—0,36%, Titan und Schwefel sind in geringen Mengen, Mangan mit 0,2—1% vertreten. Der Eisengehalt der Ranenerze erreicht oft nur 10—20, aber auch bis 60 und 65%.

Zu Naeverhaugen in der Saltens Fogderi, 40 km ONO. von der Stadt Bodo, unter etwa  $67\frac{1}{2}^{\circ}$  nördl. Breite, besteht das Gebirge aus einer veränderlichen Wechselfolge von kristallinen Schiefen und Kalksteinen, welche sich vom Valnesfjord an mindestens 12 km weit bis zu dem Distrikt von Halshaugen hinziehen und allenthalben ein westliches Einfallen besitzen. Sie umschließen mehrere fahlbandartige Eisenerzlagerstätten, die wenigstens 2—3, stellenweise sogar 5 verschiedenen Horizonten angehören, und treten besonders gern in der Nachbarschaft von Kalksteinlagern auf, sei es im Hangenden, sei es im Liegenden oder zwischen denselben. Einige dieser Eisenerzlager von fahlbandartiger Beschaffenheit haben bei veränderlicher Mächtigkeit und Erzführung eine stetige streichende Ausdehnung, die nach Hunderten von Metern zu bemessen ist.

Die Hauptmasse des Naeverhaugener Erzes ist gebändertes Erz, das sich aus einer Wechselfolge von millimeter- bis zentimeterstarken Erz- und Gesteinslagen zusammensetzt und an das Striberger Erz in Örebro (Schweden) erinnert. Es besteht aus etwa 60 Volumprozent Eisenerz und 40% Lagerarten (Quarz, Hornblende, Augit, Epidot und Granat). Die eigentlichen Reicherze bilden höchstens 10—30 cm starke Bänder in den Lagern, deren Mächtigkeit 5—7, manchmal auch 8—9 m, infolge Faltung stellenweise auch das Doppelte erreichen kann. Der Eisenglanz überwiegt das Magnetiseisenerz fast stets um das Vielfache. Schwefelkies tritt in spärlichen Imprägnationen auf.

In den reinsten Stücken sind 55—64% Eisen und 0,2—0,5% Phosphorsäure enthalten.

In Südnorwegen, zwischen Laurvik und Kristiansand, liegt eine ganze Reihe von merkwürdigen mineralreichen Lagerstätten; hauptsächlich sind es die an Gabbros gebundenen Apatitlagerstätten von Bamble, Ödegarden und Kragerö, und eine Anzahl von Eisenerzvorkommnissen, deren wichtigste als diejenigen an der Küste von Arendal und auf den vorgelagerten Inseln bekannt sind. Das Küstengebiet besteht aus fast senkrecht einfallenden, der archaischen Formation angehörigen kristallinen Schiefen, nämlich vorzugsweise aus rotem, dünnschieferigem, etwas granulitartigem Gneis mit Einlagerungen von Hornblendeschiefer und Kalkstein, aus grauem Gneis mit Hornblendegneislagen und aus grobfaserigem und Augengneis. Älterer Granit samt „Gneisgranit“, jüngerer Granit und linsenförmige Gabbroeinlagerungen und zahlreiche andere Gesteine

durchbrechen an zahlreichen Stellen die Schiefer oder sind in konkordanter Lagerung mit ihnen verbunden.

Das Magneteisen ist auf verschiedenen, manchmal mehrere Kilometer weit verfolgbaren Lagerstätten innig verwachsen mit Kalkspat, Körnern von Augit (Kokolith), Granat, mitunter (zu Klodeberg und Laerestvedt) auch mit gelbem, edlem Serpentin, der mit Kalkspat den Ophicalcit bildet, oder mit Epidot oder Magnesiaglimmer. Diese Kalkspat-Erz-Silikatgemenge haben eine wechselnde Zusammensetzung; gewöhnlich herrscht der zumeist gelbbraune Granat (Kolophonit) vor, und man hat es dann mit einem magnetitführenden Granatfels zu tun; stellenweise aber überwiegen auch Calcit oder der grünlich-schwarze Augit. Die Erzkörper bilden linsenförmige Massen von wechselnder Reinheit; man baute sie ab bei 20—40% Eisengehalt.<sup>1)</sup> Sie stellen eisenreiche Partien in der Lagermasse dar, welche nach Kjerulf und Dahll sehr scharf von den umgebenden Gneisen, Glimmerschiefern und Amphibolschiefern getrennt ist und keine Übergänge in diese zeigen soll; stellenweise löst sich die kompakte und einheitlich mächtige Lagermasse in viele Bänder auf, um mit dem Nebengestein in Wechselagerung zu treten. Innerhalb des letzteren scheinen besonders Amphibolgneis und Amphibolschiefer eine hervorragende Rolle in der Nähe der Lagerstätten zu spielen.

Von verschiedenen Seiten ist darauf hingewiesen worden, daß die Magnetitmassen von Arendal das Nebengestein gelegentlich auch apophysenartig durchqueren sollen,<sup>2)</sup> und Kjerulf und Dahll haben darauf die nachdrücklich vertretene Ansicht begründet, daß die Erz-Silikat-Kalksteinmasse eruptiven Ursprunges und in die durch Aufblätterung des Nebengesteines entstandenen Hohlräume als leicht flüssiger Kalkeisensilikatschmelzfluß eingedrungen sei.<sup>3)</sup>

Nach Durocher (1855) baute man zu Langsev und Barbo nordöstlich von Arendal auf einer durchschnittlich 6—7 m, aber auch 12—15 m mächtigen, ziemlich regelmäßigen Erzlinse; zu Thorbjørnsboe, etwas westlich davon, war das größte Erzlager der Arendaler Gegend 15—16 m mächtig und durch einen 250 m langen Tagebau aufgeschlossen. Diese ganze Erzzone östlich und westlich Arendals hat eine etwa 8 km lange Erstreckung. Eine andere liegt bei Naeskils, etwa 10 km östlich von Arendal am Tromø-Sund. In bis zu 170 m tiefen Tagebauen wurden dort Erzlinsen von 2—8 m Mächtigkeit abgebaut,

<sup>1)</sup> Eine größere Anzahl von Analysen des Arendaler Erzes teilt Vogt, Föhr., XVI, 1894, 287, mit.

<sup>2)</sup> Siehe die Abbildung bei Cotta, S. 520.

<sup>3)</sup> Den eruptiven Ursprung gewisser Kalksteinbänke in dem Arendaler Gebiet glaubten dieselben Autoren mit folgenden Worten begründen zu sollen: „Eine ähnliche Bemerkung findet auf den weißen, körnigen, mit Augit und Werneritkristallen durchmengten Kalkstein Anwendung, welcher der Vertreter der „roche métallifère“ bei Hellesund und Stagsnaes ist. Da dieser Kalkstein zwischen die Schichten der kristallinen Schiefer eingelagert ist, so könnte man versucht sein, ihn für einen metamorphen Kalkstein zu halten, wenn die kleinen Schieferfragmente, welche unregelmäßig in allen Richtungen in ihm zerstreut liegen, nicht seinen eruptiven Ursprung beweisen würden.“ Siehe das über Abfaltungen und ähnliche Phänomene im allgemeinen Abschnitt über die schichtigen Lagerstätten Gesagte (S. 97—98).

welche in Gneis nebst Hornblendeschiefer und begleitendem Kalkstein eingelagert waren.

Die Arendaler Erzlagerstätten werden samt ihrem Nebengestein durchquert von verschiedenen Gesteinsgängen, insbesondere von solchen von Pegmatit und Granit. Ferner sind jüngere Kalkspatgänge verbreitet; folgende Mineralien sind auf denselben nachgewiesen worden: Apatit, Botryolith, Calcit, Datolith, Flußspat, Heulandit, Magnetkies, Magnetit, Kupferkies, Prehnit, Pyrit, Quarz, Silber, Stilbit und Turmalin. Ähnliche Mineralien kommen auch in dem Kalkspat der Lagermasse vor — man wird nicht fehlgehen, wenn man ihre Herkunft wenigstens teilweise auf die Nachbarschaft der Pegmatite zurückführt. Im ganzen gehört die Arendaler Gegend zu den mineralienreichsten Skandinaviens.<sup>1)</sup>

Die Arendaler Eisenerzgruben waren früher weitaus die wichtigsten Norwegens; jetzt sind sie bedeutungslos geworden.

Die Gruben von Långban u. a. in Wermland, welche besonders reich sind an Manganerzen, sollen deshalb später bei den Manganerzlagern besprochen werden. Es sei hier nur erwähnt, daß dort und auf der Nordmark-Grube bei Filipstad manchmal in derselben Linse getrennte, selbständige Lager von manganfreiem, kieselsäurereichem Eisenglanz und von eisenarmem Manganerz wechsellagern.

Oxydische Eisenerzlagerstätten sind in den kristallinen Gebirgen im südlichen **Spanien** und **Portugal** reichlich vorhanden und erst zum kleinen Teil nutzbar gemacht. Nach Fuchs und de Launay<sup>2)</sup> wurde bei San Thiago nahe Casa Branco (Provinz Alentejo) in Portugal 1877 Eisenglanz und Magnetit mit 1,3% TiO<sub>2</sub> abgebaut, der mit quarzigen oder kalkigen Lagerarten, auch mit Silikaten vermischt und in kristalline Schiefer eingelagert war. Die Linsen verarmten in der Teufe und gingen in Kalkstein über, welcher noch Eisenglanz, Magnetit und Granat enthielt.

Acht Meilen nördlich Sevilla liegt in der Sierra Morena das Eisenglanzvorkommen von Juanteniente nahe dem Städtchen **Pedroso**. Nach F. Römer<sup>3)</sup> umschließt der Glimmerschiefer dort ein steil einfallendes, 4—5 m dickes, bei gleichbleibender Mächtigkeit 600 m weit verfolgbares Lager von Roteisenstein, der in feinkörnigen Eisenglanz übergeht, von „Quarzadern“ durchzogen wird und mit Schwefelkies imprägniert ist. Es ist scharf gegen das Nebengestein abgegrenzt. Ähnliche Linsen sind bei Rosalina und am Monte agudo.

Eisenerzlager von etwas anderem Typus sind gleichfalls in der Umgebung von Pedroso bekannt. So kommt bei **Navalazaro**, 3 km südlich von der Stadt, im dünn geschichteten Gneis ein steil einfallendes, 6—8 m mächtiges Lager von Magnetit vor. Das Erz ist begleitet von braunem Granat und grünem Epidot,

<sup>1)</sup> Siehe die Mineralienlisten bei Kjerulf und Dahl, Cotta und bes. Weibye, Bemerkungen über die geognostischen Verhältnisse der Küste von Arendal bis Laurvig; N. Jahrb., 1847, 697—709.

<sup>2)</sup> Gîtes minéraux, I, 728—729.

<sup>3)</sup> Über die Eisenerzlagerstätten von El Pedroso in der Provinz Sevilla; Ztschr. d. deutsch. geol. Ges., XXVII, 1875, 63—69.

mit denen es ein dichtes bis kristallinisch-körniges Aggregat bildet. F. Römer vergleicht die Lagerstätte mit den Lagern von Arendal.

8 km nördlich von Pedroso, bei Navalostrillos, bildet Magneteisenerz mit Hornblende verwachsen ein Lager im Gneis. Pegmatitgänge durchsetzen das Vorkommen.

In der Serrania de Ronda (spanische Provinz Malaga) treten im Archäikum Magnetitlinsen als steil einfallende Lager, gebunden an Amphibolite, auf. Die letzteren scheinen im allgemeinen Dolomiten eingelagert und diese von Gneisen, Serpentinien usw. begleitet zu sein.<sup>1)</sup> Schwefelkies in geringer Menge imprägniert das Erz, dessen Mangangehalt stellenweise ziemlich hoch, dessen Phosphorgehalt niedrig ist.

Am Nordabfall der **Sierra Aracena**,<sup>2)</sup> auf deren Südseite die Kieslagerstätten der Provinz Huelva und viele Manganerzlager zu einem so lebhaften Bergbau geführt haben, liegen zahlreich Magneteisenerzmassen. Reich an solchen ist die Gegend zwischen Fregeneal und Jerez de los Caballeros in der Provinz Badajoz. „Bei der geologischen Gleichartigkeit dieser Vorkommen, die eine bemerkenswerte Ähnlichkeit mit den Magnetitzlagerstätten des mittleren Schwedens zeigen, genügt eine allgemeine, für alle zutreffende Beschreibung. Eingelagert zwischen metamorphisch umgewandelten Schichten von Kalkstein gehen die aus Magnet-eisenstein bestehenden Erze in mächtigen Rücken zutage aus. Ihre streichende Erstreckung läßt sich durch die deutlich erkennbaren Ausbisse gut verfolgen, bzw. da, wo dieselben weniger genau sichtbar sind, mit Hilfe der Inklinationsnadel sicher feststellen. Sie beträgt in den einzelnen Grubenfeldern 200—800 m. Auch über die Mächtigkeit haben die nach der Methode von Tiberg angestellten zuverlässigen magnetometrischen Untersuchungen innerhalb gewisser Grenzen die erforderliche Klarheit gebracht. Abgesehen von einigen wenig ins Gewicht fallenden Schwankungen, welche sowohl im Streichen wie im Fallen auftreten, kann durchschnittlich auf 10—25 m Mächtigkeit gerechnet werden, stellenweise aber geht dieselbe noch weit über dieses Maß hinaus und kann sogar 50 m erreichen. Bei dem Erzkörper von Cala wurde noch bei 180 m Tiefe die größte Mächtigkeit angetroffen, und an anderer Stelle (im Felde Santa Justa) zeigte sich die Lagerstätte bei rund 60 m Teufe unter der Stelle, wo das Erz zutage ausgeht, in vollkommen unveränderter, mächtiger Beschaffenheit. Als untere Grenze für die abbauwürdige Pfeilerhöhe dürfte gegenwärtig ein Maß von 100 m anzusehen sein.“ Die sehr steil einfallenden Stöcke, Linsen und Lager liegen manchmal zu mehreren nebeneinander, sind im Ausgehenden zu Brauneisen verwittert, bestehen aber in der Teufe aus derbem und kompaktem Magneteisenerz. An der Grenze gegen den Kalkstein sind sie manchmal mit Kalksilikaten verwachsen, von Quarz sind sie frei. Kupferhaltige Schwefelkiese treten in räumlich von dem Magneteisenerz wohl geschiedenen Lagen auf. Das Erz hat einen

<sup>1)</sup> Kendall, *Revista Minera*, 1893, 201—202; danach kurzes Referat in der *Ztschr. f. prakt. Geol.*, 1894, 63—64.

<sup>2)</sup> Magneteisenerzfelder in Spanien; *Berg- u. Hüttenm. Ztg.*, LIX, 1900, 229 bis 230; nach Klockmann.

Eisengehalt zwischen 55 und 66<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, 3—7<sup>0</sup>/<sub>0</sub> SiO<sub>2</sub>, 0,02—0,1<sup>0</sup>/<sub>0</sub> Phosphor und etwas Schwefel.

Die Transportschwierigkeiten haben der Ausnutzung dieser bedeutenden Lagerstätten bisher enge Grenzen gezogen.<sup>1)</sup>

In Anbetracht der Tatsache, daß Spanien im Jahre 1900 nicht weniger als 8676000 t Eisenerze im Werte von 38000000 Frs. (davon in der Provinz Sevilla allein 352000 t) gefördert hat, ist über die Geologie seiner Eisenerz-lagerstätten wenig genug wissenschaftlich Brauchbares bekannt geworden.

Die Gebiete der französischen Einflußsphäre in Nordafrika sind reich an Eisenerzlagerstätten, besonders auch an solchen des kristallinen Schiefergebirges.<sup>2)</sup> Allgemeiner bekannt sind aber nur die Magnetit- und Eisenglanzlagerstätten in den kristallinen Schiefen des Cap de Fer bei Bona in der algerischen Provinz Constantine, einige Meilen von der tunesischen Grenze. Der Grubendistrikt ist unter dem Namen **Mokta-el-Hadid** bekannt.<sup>3)</sup> Das Erz findet sich in unregelmäßig linsenförmigen Massen mit bis zu 40 m Mächtigkeit und 2 km streichender Länge inmitten von Cipollin (silikatführendem Kalk) oder in dessen Liegendem oder Hangendem zwischen ihm und Glimmerschiefen, in welche die Cipolline selbst als linsenförmige Bänke eingelagert sind. Die kalkstein- und erzführende Schiefermasse ruht auf Gneis mit Granat-Pyroxenitlinsen und wird von Gneis überlagert.

Im Ausstrich sind die Erze reicher an Eisenglanz als in der Teufe, wo sie in Magnetit überzugehen scheinen. Sulfide, vor allem Pyrit, stellenweise auch Kupferkies und Blende, kommen in schmalen Gängen im Nebengestein vor.

Fuchs und de Launay halten diese Lagerstätten für metasomatische Verdrängungen von Kalkstein und sehen auch in dem Pyroxen-Granatfels ein Umwandlungsprodukt von kieselhaltigem Kalkstein. Parran (zit. von de Launay) erklärt den Silikatfels für ein metamorphes Eruptivgestein und bringt die Entstehung der Eisenerze in Beziehungen zu letzterem.

Spateisenstein ist zu Mokta-el-Hadid noch nicht nachgewiesen worden.

Von den zwei großen Erzlagern ist das größere fast vollständig abgebaut, ein etwas kleineres steht noch im Abbau. Trümmer der denudierten Lagerstätten bedecken die Oberfläche und bilden einen nicht unwesentlichen Bestandteil der gewonnenen Eisenerze.

Da die Lagerstätten nur 35 km vom Hafen von Bona entfernt und nicht sehr hoch über dem Meer liegen und da sie ziemlich flach einfallen und deshalb eine lange Zeit hindurch im Tagebau bearbeitet werden konnten, so haben sie zu einem ergiebigen Bergbau Veranlassung gegeben, der im Jahre 1874 eine Höchstproduktion mit 430000 t erreicht hatte. Seitdem war die Förderung zurückgegangen, betrug aber im Jahre 1900 wieder 504000 t (1901 437000 t).

<sup>1)</sup> Weitere Nachweise neuerer Literatur über spanische Eisenerze siehe im Jahrbuch f. Eisenhüttenwesen.

<sup>2)</sup> Über die französischen Eisenerzlagerstätten im allgemeinen siehe Carnot, *Minerais de fer de la France, de l'Algérie et de la Tunisie, analysés au Bureau d'Essai de l'Ecole des Mines de 1845—1889*; Ann. d. Mines (8), XVIII, 1890, 5—163. — Baum, *Die Eisenerzlagerstätten Nordwestafrikas*; Stahl und Eisen, XXIII, 1903, 713—726.

<sup>3)</sup> Fuchs et de Launay, *Gites minéraux*, I, 721—728, Lit.

Unweit von Mokta liegt ein anderes analoges Vorkommen bei Medja Rassul. Die dortige Erzlinse ist etwa 120 m lang und 29 m dick. Die gesamte Eisenerzförderung Algiers betrug im Jahre 1900 602000 t (1901 514000 t).

Für das südliche Rußland haben die Eisenerzlagerstätten von **Kriwoi Rog**<sup>1)</sup> eine große Bedeutung erlangt. Dieselben liegen südwestlich von Jekaterinoslaw an der Einmündung des Saxagan in den Inguletz, den letzten größeren rechten Nebenfluß des Dnjepr. Das Nebengestein der Eisenerze sind kristalline Schiefer, welche als ein isoliertes Vorkommen in diesem Teile Rußlands, zu einer etwa 50 km langen und  $6\frac{1}{2}$  km breiten Zone zusammengedrückt, im großen ganzen mehrere Mulden innerhalb einer aus Granit und „Granitgneis“ bestehenden Masse bilden. Die annähernd NS. streichende Mulde von Kriwoi Rog ist nach Osten überkippt, so daß beide Flügel ein westliches, stellenweise bis  $45^\circ$  betragendes Einfallen besitzen.

„Die jüngeren kristallinen Schiefer überlagern konkordant die Gneise und bilden mit ihnen ein System geneigter synklinaler Falten, welche meist voneinander durch die abradierten Gneisantiklinalen getrennt sind. Die Falten haben im ganzen meridionale oder etwas nordöstliche Richtung . . . . Das ganze System der jüngeren kristallinischen Schiefer kann man in zwei Abteilungen trennen. Die untere Abteilung, welche unmittelbar die Gneise überlagert, besteht aus arkoseartigen Gesteinen, denen stellenweise Quarzglimmerschiefer und Quarzite ohne scharfe Trennung vom Hauptgestein untergeordnet sind“; sie können als klastische Gesteine aufgefaßt und unmittelbar auf die Aufbereitung des liegenden Gesteines zurückgeführt werden. „Die obere Stufe besteht aus Eisenquarzitschiefern, denen verschiedene Tonschiefer, Aktinolithchloritschiefer, Quarzchloritschiefer, Talkschiefer, Turmalinschiefer und Eisenerze untergeordnet sind“ (Piatnitzky).

Die Eisenquarzitschiefer sind nicht klastische Gesteine, sondern chemische Präzipitate; die übrigen Schiefer der jüngeren Gruppe gehen ineinander über, und besonders die Tonschiefer führen kohlige Beimengungen neben Pyrit.

Eisenerzlager treten sowohl in den liegenden als auch in den hangenden Schiefen der jüngeren Gruppe auf, ganz besonders aber sind sie an die Eisenquarzite gebunden. Diese letzteren bestehen aus Quarz und Magneteisen sowie Eisenglanz (z. T. Martit) in sehr wechselndem Verhältnis; die Eisenquarzit-

<sup>1)</sup> Strippelmann, Südrußlands Magneteisenstein- und Eisenglanzlagerstätten in den Gouvernements Jekaterinoslaw und Cherson; Gutachten, 1873, 29—47. — Kontkiewitz, Geologische Beschreibung der Umgegend von Kriwoi Rog; Veröffentl. der Kais. Mineral. Gesellsch., 1880. — Fuchs et de Launay, Gîtes minéraux, I, 738—742. — Trasenster, L'industrie charbonnière et sidérurgique de la Russie méridionale; Revue Univers. des Mines, XXXIV, 1896, 172—194. — Monkowsky, Zur Geologie von Kriwoi Rog; Ztschr. f. prakt. Geologie, 1897, 374—378. — Macco, Übersicht der geologischen Verhältnisse von Kriwoi Rog in Südrußland, unter besonderer Berücksichtigung der Eisenerzlager; Ztschr. f. prakt. Geol., 1898, 139—149. — Piatnitzky, Über einige kristallinische Schiefer der Umgegend von Kriwoi Rog in Südrußland; Mitt. Naturw. Ver. f. Neuvorpomm. u. Rügen, XXVIII, (1896), 1897, 111—148. — Cordeweener, Contribution à l'étude de la crise industrielle du Donetz; Géologie de Krivoi-Rog et de Kertsch, 1902, Lit.

schiefer zeigen deshalb eine äußerst feine Bänderung und sehr verschiedene Färbungen. Nach Piatnitzky umschließt der Quarz Erzkörnchen und liegt selbst in einem Zement von Eisenerz, das häufig ganz und gar die Überhand gewinnt. Als Erz werden nach Trasenster überhaupt nur solche Quarzite betrachtet, welche mindestens 50% Eisen enthalten. Derber, ungeschichteter Magnetit wird nirgends beobachtet, wohl aber besteht nördlich von Kriwoi Rog das Erz fast nur aus einem Aggregat von oktaedrischen Martitkristallen. Der Eisengehalt der Quarzite bleibt sich übrigens in ein und derselben Schicht nicht gleich, vielmehr sind es im großen linsenförmige Zonen größeren Erzreichtums, welche verarmen und an deren Stelle taubes Gestein tritt. Man kennt mehrere übereinanderliegende, nach der Teufe und im Streichen gewissermaßen sich auskeilende Linsen im Eisenquarzit. Nachstehend seien die Dimensionen und Eisengehalte der hauptsächlichsten Linsen nach Trasenster mitgeteilt:

Grubenfeld	Eisengehalt	Im Streichen	Mächtigkeit
Kriwoi Rog 1. . . .	61—62%	400 m	Mittel: 30 m.
" " 2. . . .	bis 67 "	250 "	Maximum: 80 "
" " 3. . . .	—	300 "	Mittel: 20 "
" " 4. . . .	—	3000 "	Maximum: 60 "
Galkowska . . . .	—	1000 "	4—6 m
Schmakoff . . . .	—	300 "	{ das Lager bildet drei mächtige Linsen.
Kolaschefski . . . .	—	250 "	Maximum: 50 m.
			? Maximum: 160 "

Die speziellen tektonischen Verhältnisse innerhalb des Eisenquarzites scheinen noch nicht hinlänglich aufgeklärt zu sein. Der Annahme Trasensters, daß die Eisenerzlinen zwei verschiedenen Horizonten angehören, von denen der obere die meisten Eisenerzmassen enthalte, steht die Ansicht anderer gegenüber, daß es sich nur um Wiederholung ein und derselben Schicht infolge Faltungen innerhalb der Mulde handle.

Die Erze werden im Tagebau gefördert, der stellenweise Massen von Abraum mit einer Mächtigkeit bis zu 25 m zu bewältigen hat. Die größte im Tagebau zu gewinnende Erzmasse, nämlich 2300000 t, sollen nach Schimanowskys Schätzung (zitiert von Trasenster) die oben als 1 und 2 bezeichneten Linsen von Kriwoi Rog versprechen.

Nach einer anderen Schätzung Schimanowskys (zitiert von Macco) berechnet sich der Erzvorrat im Bezirk von Kriwoi Rog überhaupt auf 20 Mill. Tonnen. Die meisten Linsen sollen schon nach 12 Jahren (nach 1898) erschöpft sein und nur diejenigen von Galkowska, Schmakoff und Rostkovska einen längeren Betrieb, nämlich von etwa 36 Jahren gewährleisten. Cordewener gibt neuerdings freilich eine abbaufähige Erzmenge von etwa 73 Mill. Tonnen an, von denen sich über 15 Mill. im Tagebau gewinnen lassen sollen.

Das geologische Alter der Erzlagerstätten ist ungewiß.

Die Gesamtförderung betrug im Jahre 1900 im Distrikt von Kriwoi Rog ungefähr 2,8 Mill. Tonnen.

Der Phosphorgehalt der Erze ist gering; er bleibt unter 0,1% und ist gewöhnlich sehr viel kleiner.

Die Eisenerze von Kriwoi Rog sind seit 1731 bekannt, werden aber erst seit 1881 intensiver abgebaut.

Kolossale Massen von Rot- und Magneteisenstein kommen in Indien<sup>1)</sup> in den metamorphen Schichten der Distrikte von Chanda und Salem vor. Magneteisenerz soll stellenweise 15—30 m mächtige Lager bilden. Die hauptsächlichsten Lagerstätten befinden sich bei Lohara (Eisenglanz) und bei Pipulgaon (Magneteisenerz.)

#### Die Magneteisenlagerstätten in den kristallinen Schiefern der nordamerikanischen Oststaaten.

Nach Smock<sup>2)</sup> kommen im Staat New York in folgenden Distrikten Eisenerze vor:

1. In den Hudson-Hochländern: Magneteisensteine.
2. In der Lake Champlain- und Adirondack-Region: Magneteisensteine.
3. In den Counties St. Lawrence und Jefferson: Roteisensteine.
4. In den Counties Clinton und Wayne: oolithische Roteisensteine (Clinton-Erze).
5. In den Counties Dutchess und Columbia: Limonite.
6. Am Hudson River: Spateisensteine.
7. Zu Staten Island: Limonite.

Zunächst sollen nur die unter 1—2 genannten Gebiete hier besprochen werden.

Im Hudson-Hochland,<sup>3)</sup> zwischen New Jersey im SW. und Connecticut im O. arbeiteten zwischen 1880 und 1890 26 Gruben; von diesen ist bereits wieder eine größere Zahl aufgelassen worden, so daß um 1889 nur noch die Sterling Iron and Railway-Company, die Forest of Dean-, die Mahopac- und die Tilly Foster-Gesellschaft mit acht Gruben in Tätigkeit waren.

Die Tilly Foster Mine im Putnam County ist von Ruttmann<sup>4)</sup> eingehend beschrieben worden. Der Erzkörper besteht aus bald grob-, bald feinkristallinem Magnetit, ist nur wenig verunreinigt mit Pyrit und Magnetkies und führt an sonstigen Gemengteilen vor allem Chondroit und Serpentin, ferner Calcit, Brucit, Dolomit, Enstatit, Epidot, Fluorit, Magnesit, Markasit, Molybdänit, Muscovit, Chlorit, Talk und grünen Granat. Er liegt konkordant zwischen Gneis, der im Liegenden und Hangenden gleich beschaffen ist, und wird von diesem durch eine lettige Masse getrennt, welche auch dort noch zwischen dem Liegenden und

<sup>1)</sup> von Schwarz, Über die Eisen- und Stahlindustrie Ostindiens; Stahl und Eisen, XXI, 1901, 337—339.

<sup>2)</sup> A review of the iron-mining industry of New York for the past decade; Transact. Am. Inst. Min. Eng., XVII, 1889, 745—750.

<sup>3)</sup> Wendt, The iron-mines of Putnam County, N. Y.; ebenda XIII, 1885, 478—488.

<sup>4)</sup> Notes on the geology of the Tilly Foster ore body; ebenda XV, 1887, 79—90. — Zahlreiche Literaturangaben über die Eisenerzlagerstätten der nordöstlichen Vereinigten Staaten gibt Kemp, Ore deposits, 160—167.

Hangenden zu verfolgen ist, wo der Erzkörper sich bereits ausgekilt hat. Das Lager ist im großen ganzen eine Linse; sie streicht N. 40° O., fällt unter 60

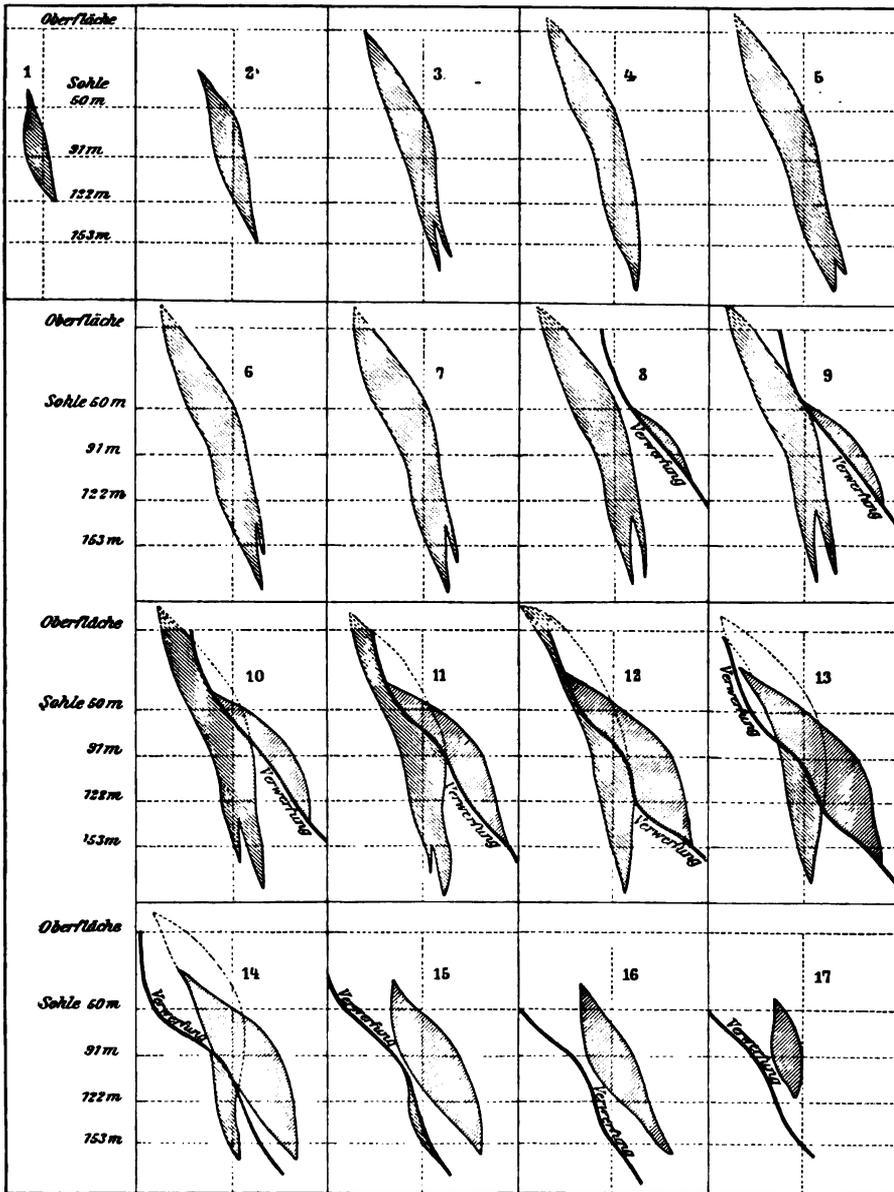


Fig. 49. Profile durch das Magnetitlager der Tilly Foster Grube im Abstand von je 7,5 m. Man erkennt die Wirkung einer das Lager durchsetzenden Verwerfung. (Ruttmann, 1887.)

bis 70° SO., hat eine voraussichtliche Teufenerstreckung von etwa 200 m und eine streichende Ausdehnung von etwa 120 m bei einer normalen Mächtigkeit von etwa 30 m in den mittleren Teufen. Die Mächtigkeit der Erzmasse wird lokal

allerdings durch eine Verwerfung erhöht, längs deren ein erheblicher Teil der Linse um ungefähr 30 m abgesunken ist, wie das die Profile (Fig. 49) zeigen. Die ursprüngliche Linsenform der Lagerstätte wird dadurch zu einer zweilappigen.

Der Durchschnittsgehalt des Eisenerzes von der Tilly Foster Mine beträgt 50,64% Eisen, bei 0,019% Phosphor, 0,05% Schwefel, und etwa 0,1% Mangan.

Ähnlich der Tilly Foster Mine ist die Mahopac Mine. Die früher abgebaute Lagerstätte der Croton Mine ist ein langgestrecktes Magnetitlager in magnetithaltigem Gneis, auf etwa 850 m im Streichen aufgeschlossen und nur 3—4,5 m mächtig. Diese Eisenerzlagerstätten sind seit dem XVIII. Jahrhundert bekannt, haben aber erst in den letzten Jahrzehnten einen intensiven Abbau erfahren.

Den wenigen hier genannten Magnetitlagerstätten entsprechen zahlreiche andere Magnetitlinsen in dem Gneis des westlichen Hudson-Hochlandes<sup>1)</sup> (z. B. die Forest of Dean Mine mit einer streichenden Länge von 240 m und 18 m größter Mächtigkeit), von New Jersey und von Pennsylvania; sie finden sich weiterhin in Nord-Carolina — so eine etwa 500 m lange und 60—240 m breite, von Pyroxen und Epidot durchwachsene Masse zu Cranberry — und in Virginia.<sup>2)</sup>

Ungefähr 10 km nordwestlich von Port Henry am Champlain-See<sup>3)</sup> im Staate New York liegen die Magneteisengruben von Mineville und Barton Hill. Doch sind diese nur die hauptsächlichsten einer Gruppe von Vorkommnissen in jener Gegend des **Adirondack-Gebirges**. Die Magneteisenerzlager ruhen konkordant zwischen Schichten der Gneisformation. Die letztere ist in der Gegend von Mineville durch Gesteine verschiedener Basizität vertreten; teils handelt es sich um Glieder, welche fast nur aus ziemlich grobkörnigen Gemischen von Quarz mit verschiedenen Feldspäten bestehen, oder es sind Hornblende-Pyroxen-Gneise oder Gabbros, welche manchmal in Hornblende-Gneise umgewandelt sind und durch den Gebirgsdruck eine Schieferung erfahren haben („Gabbrogneise“). Die sauren, mikropertitführenden Gneise (Granulite?) sind überdies begleitet von Kalksteinen und Ophicalcit (von Serpentin durchwachsender Marmor). Die Entstehung all dieser Gesteine ist zweifelhaft; die gabbroähnlichen Glieder betrachtet Kemp als spätere Intrusionen von Gabbros und Anorthositen (d. s. Gabbroide, in welchen die dunklen Gemengteile mehr oder weniger zurücktreten). Das Erz besteht aus Magneteisen, das nur selten kristallisiert, gewöhnlich derb auftritt und mitunter ziemlich stark mit Apatit durchmengt ist („red ore“). Außer dünneren Lagern bildet es bei Mineville hauptsächlich zwei konkordant in die Schichten eingelagerte und gebogene Erzmassen; im ganzen haben diese eine unregelmäßig scheibenförmige oder schotenförmige Gestalt mit mehrfachen An-

<sup>1)</sup> Höfer, Die Kohlen- und Eisenerzlagerstätten Nordamerikas. Wien 1878, 185—190.

<sup>2)</sup> Nitze, Notes on some of the magnetites of Southwestern Virginia and the contiguous territory of North Carolina; Transact. Am. Inst. Min. Eng., XX, 1892, 174—188. — Smock, A review of the iron-mining industry in New Jersey; ebenda 215—227.

<sup>3)</sup> Birkinbine, Crystalline magnetite in the Port Henry, New York, Mines; Transact. Am. Inst. Min. Eng., XVIII, 1890, 747—762. — Kemp, The geology of the magnetites near Port Henry, N. Y., and especially those of Mineville; ebenda XXVII, 1897, 146—203, Lit. — Smock, l. c. 1889.

schwellungen. Die Dimensionen des einen sind bekannt bis zu 1200, bzw. 300 und 140 Fuß im Streichen, Fallen und in der Mächtigkeit; das andere dürfte 1800 Fuß lang sein und erreicht infolge einer Umbiegung und Doppelung eine Dicke bis zu 300 Fuß. Das erstere Lager erscheint übrigens wegen einer Verwerfung zweimal mit ziemlich gleichen Dimensionen, so daß man es praktisch mit drei gewaltigen Erzkörpern zu tun hat. Das Erz enthält durchschnittlich 61—63% Eisen, in dem einen auch 1% Phosphor und in beiden etwas Titan.

Am Barton Hill zeigt sich folgende Lagerung: Gabbro und Gabbrogneis bilden das Liegende des Erzes; dieses wird überlagert von einer dünnen Masse des granulitartigen „Orchardgneises“, und hierauf folgt der hornblende-, augit- und hypersthenführende „Bartongneis“. Wichtig dürfte sein, daß sich in unmittelbarer Begleitung der Erze pegmatitische Gesteine finden, welche aus Hornblende, Plagioklas, Quarz und reichlichem Magnetit bestehen. Dieselben führen ferner Biotit, Arsenkies, Wernerit und Zirkon. Bemerkenswert ist ferner das Auftreten von Flußspat, Orthit, Lanthanit, Molybdänglanz und Magnetkies in der Nähe der Erzlinsen.

Die Entstehungsweise dieser Lagerstätten ist noch nicht aufgeklärt und ebenso zweifelhaft wie diejenige der sie umgebenden Gesteine. Newberry hat sie für schichtig gehalten und geglaubt, es seien metamorphosierte Braun- oder Toneisensteine sedimentärer Entstehung. Andere hielten sie für Auslaugungen des Nebengesteines, welche sich auf den Schichtflächen der Gneisformation konzentriert hätten; wieder andere glaubten, man habe es mit einer Metasomatose von Kalkstein zu tun; doch bemerkt Kemp mit Recht, daß man dann doch wenigstens Spuren der früheren Anwesenheit von Kalk, etwa Kalkspat oder Kalkeisensilikate, müsse nachweisen können. Kalkspat findet sich nur als Seltenheit auf jüngeren Klüften. Auch für umgewandelte Eisenstein-Apatitseifen hat man sie erklärt.

Da Kemp den sauren, nicht gabbroartigen Gneisen (Granuliten?) einen eruptiven Ursprung nicht zuzuerkennen wagt, so erklärt er vorläufig die Bildung der mehrfach in denselben sich wiederholenden Erzlager im Zusammenhang mit der Intrusion der Gabbros, denen er eine zweifellos eruptive Entstehung zuschreibt; bei der Abkühlung und Kristallisation der letzteren hätten Eisenlösungen, vielleicht gleichzeitig mit Dämpfen, ihren Weg auf den Kontaktflächen gefunden, das Nebengestein verdrängt und an seine Stelle die oxydischen Eisenerzkörper gesetzt. Der Vorgang sei also ein „hydatopneumatolytischer“ gewesen. Die grobkörnigen „pegmatitischen“ Aggregate, die Quarzmagnetit- und Flußspatmagnetitgemenge in der Nähe der Erzkörper wären auf solche Weise entstanden. Kemp erinnert an die mineralogischen Beziehungen zwischen den Mineville-Lagerstätten und den Apatitgängen Norwegens.

Der Bergbau in den Adirondack Mountains reicht mindestens zurück bis in das Jahr 1804. Die seitdem bis 1889 geförderte Erzmenge wird von Birkinbine auf etwa 16 Mill. Tonnen geschätzt; die Gruben von Port Henry haben vieles zum materiellen Aufschwung der Vereinigten Staaten beigetragen.

Auch an anderen entlegeneren Stellen der Adirondacks sind solche Magnetitlagerstätten gefunden und ihre Entstehung in ähnlicher Weise erklärt worden.<sup>1)</sup> Außer denen von Port Henry liegen in der Gegend des Champlain-Sees noch die weniger wichtigen Gruben von Chateaugay und Crown Point und einige kleinere.

Im Jahre 1901 hat New Jersey 410000, New York 430000 t Eisenerz produziert.

<sup>1)</sup> Kemp, l. c. 195.

Die Geologie der Magnetitlagerstätten im Gneis der Provinz **Ontario** hat Pope<sup>1)</sup> skizziert und an einigen Beispielen erörtert. Solche Vorkommnisse finden sich in den Counties Renfrew, Lanark, Leeds, Frontenac, Hastings, Victoria und Peterboro des östlichen Ontario.

Pope unterscheidet zwei Typen von Magneteisenlagern:

1. Magnetit in Linsen oder als Imprägnation von Schiefen und Gneis. In den meisten Fällen fehlt Kalkstein entweder ganz oder er tritt in einiger Entfernung von dem Erzlager auf.

2. Die Erzmassen kommen im Kontakt mit kristallinen Schiefen und Gneisen einerseits und mit kristallinem Kalkstein andererseits vor oder sind in den Kalkstein eingebettet. Sie enthalten stellenweise etwas Pyrit.

Im Fall 1 sind die Magnetitlinsen gern mit dunklen Silikaten, wie Hornblende, Pyroxen und Granat, verunreinigt, welche untergeordnet auch dünne Bänder bildend im Gneis auftreten oder den Erzkörper von dem gewöhnlichen Gneis trennen können (Skarn?). In der Robertsville Mine umschließt Hornblende-Augitgneis unregelmäßige Massen von Magnetit in inniger Verbindung. Pope möchte den Hornblendegneis für einen metamorphosierten Diabas oder Diorit halten.

Im Fall 2 sind vielfach gepreßte und linsenförmig ausgequetschte hochkristalline Kalksteine mit Einschlüssen von allerlei Silikaten die Begleiter der Erze. Diese letzteren sind gleichfalls in Linsen auseinandergerissen. Als begleitende kristalline Schiefer werden Hornblendegneise und Pyroxengesteine genannt, denen eruptive Entstehung zugeschrieben wird. Die Magnetitlager können sich vielfach in dem Kalkstein wiederholen, sind manchmal voneinander durch Serpentin getrennt und enthalten mehr oder weniger reichlich Hornblende und Augit in inniger Beimengung. In der Howland Mine ist der Feldspat des Hornblendegneises in Skapolith umgewandelt; das Gestein ist reich an Titanit, der Kalkstein enthält Graphit und Phlogopit. Die Ähnlichkeit dieser Lagerstätten mit skandinavischen Typen ist augenfällig, die Möglichkeit, daß es sich auch hier vielleicht um Kontaktlagerstätten handelt, keineswegs ausgeschlossen.

Die Eisenerzlagerstätten in der algonkischen Formation am Lake Superior.

#### Literatur.

Von der sehr reichhaltigen Literatur seien nur die nachstehenden, z. T. leichter zugänglichen Abhandlungen angeführt.

Die erste ausführlichere Beschreibung in deutscher Sprache gab Herm. Credner, Die vorsilurischen Gebilde der „Oberen Halbinsel von Michigan“ in Nordamerika; Ztschr. d. deutsch. geol. Ges., XXI, 1869, 516—554.

van Hise and Bayley, The Marquette iron-bearing district of Michigan; Monographs of the U. S. Geol. Survey, XXVIII, 1897. Mit einem Anhang von Smyth, On the Republic Trough. Mit Atlas. Lit. — Ferner dass. von denselben Verfassern als vorläufiger Bericht im XV. Ann. Report of the Director of the U. S. Geol. Surv., 1893 bis 1894, 485—647. Mit Karte und Profilen.

van Hise, The iron-ores of the Marquette District of Michigan; Am. Journ. of Science (3), XLIII, 1892, 116—132.

<sup>1)</sup> Investigation of magnetic iron-ores from Eastern Ontario; Transact. Am. Inst. Min. Eng., XXIX, 1899, 372—405. — Ledyard, Some Ontario magnetites; ebenda XIX, 1890, 28—37, Lit.

Jopling, The Marquette Range, its discovery, development and resources; *Transact. Am. Inst. Min. Eng.*, XXVII, 1898, 541—555.

Wadsworth, Notes on the geology of the iron and copper districts of Lake Superior; *Bull. Mus. Comp. Zool.*, VII, 1880, 1—157; *Ref. N. Jahrb.*, 1881, I, 377.

Goetz, Analyses of Lake Superior iron-ores; *Transact. Am. Inst. Min. Eng.*, XIX, 1891, 59—61.

Irving and van Hise, The Penokee iron-bearing series of Michigan and Wisconsin; *X. Ann. Rep.*, 1888—1889, 347—458.

Eine zusammenfassende Darstellung gibt Kemp, *Ore deposits*, 1900, 125—154. Darin zahlreiche Literaturangaben.

N. H. Winchell and H. V. Winchell, *Iron ores of Minnesota*. Mit geol. Karte und 44 Tafeln. Minneapolis 1891.

Smyth and Finlay, The geological structure of the western part of the Vermilion Range; *Transact. Am. Inst. Min. Eng.*, XXV, 1895, 595—545.

van Hise, The iron-ore deposits of the Lake Superior Region; *XXI. Ann. Rep. U. S. Geol. Surv.*, 1899—1900, part. III, 305—434.

Leith, The Mesabi iron-bearing district of Minnesota; *Monogr. of the U. S. Geol. Surv.*, Vol. XLIII, 1903, Lit.

Clements, The Vermilion iron-bearing district of Minnesota; ebenda XLV, 1903, Lit. Mit Atlas. Konnte erst im Nachtrag berücksichtigt werden.

Reyer, Geologie der amerikanischen Eisenlagerstätten; *Österr. Ztschr. f. Berg- u. Hüttenw.*, XXXV, 1887, 120—123, 131—133.

Ders., Die Eisenindustrie der Vereinigten Staaten; *Stahl und Eisen*, VII, Wien 1878, 219—238.

Höfer, im Bericht über die Weltausstellung in Philadelphia 1876, *XXIII. Heft*. 1887, 1—27.

Zu den gewaltigsten Eisenerzlagerstätten der Erde gehören diejenigen am Oberen See oder genauer gesagt, auf der Michigan-Halbinsel, die sich zwischen den letzteren und den Michigan-See gegen den Huron-See zu einschiebt, und diejenigen am westlichen Ende des Oberen Sees in der Gegend von Duluth. Die Lagerstätten liegen in den Staaten Michigan, Wisconsin und Minnesota und werden in folgenden sechs Distrikten abgebaut: Marquette (Negaunee, Ishpeming und Michigamme), Crystal Falls, Menominee, Penokee-Gogebic, Vermilion und Mesabi Range. Die ganze OW. streichende Zone ist etwa 300 km lang (Fig. 50).

Die Eisenerze wurden zuerst in der Gegend von Marquette entdeckt und in Abbau genommen; über ihre geologische Natur war man lange im Zweifel, und erst neuerdings ist dieselbe scheinbar endgültig durch die Bemühungen der amerikanischen Geologen in den Hauptsachen aufgeklärt worden. Es wird jetzt angenommen, daß der Eisengehalt jener Lagerstätten zwar ein ursprünglich sedimentärer sei, jedoch solche Umlagerungen erfahren habe, daß man die tatsächlich abgebauten Eisenerze als metasomatische zu betrachten hat.

Die Lagerstätten werden von Kemp<sup>1)</sup> folgendermaßen charakterisiert:

„Massen von oxydischen Eisenerzen mit Jaspis und Kieselschiefer, entstanden infolge Verdrängung von sideritführenden Kieselschiefern durch Eisenoxyd in Mulden, die durch verhältnismäßig undurchlässige Gesteine gebildet sind.“

<sup>1)</sup> *Ore deposits*, 1900, 125.

Das Nebengestein dieser Eisenerzlagerstätten gehört der huronischen Formation an, welche nach der jüngsten Bezeichnungsweise eine untere Stufe des Algonkiums ist. Das ganze mächtige Algonkium liegt auf einem Grundgebirge von Granit, „Gneisgranit“, Syenit und Grünschiefern, ist mehr oder

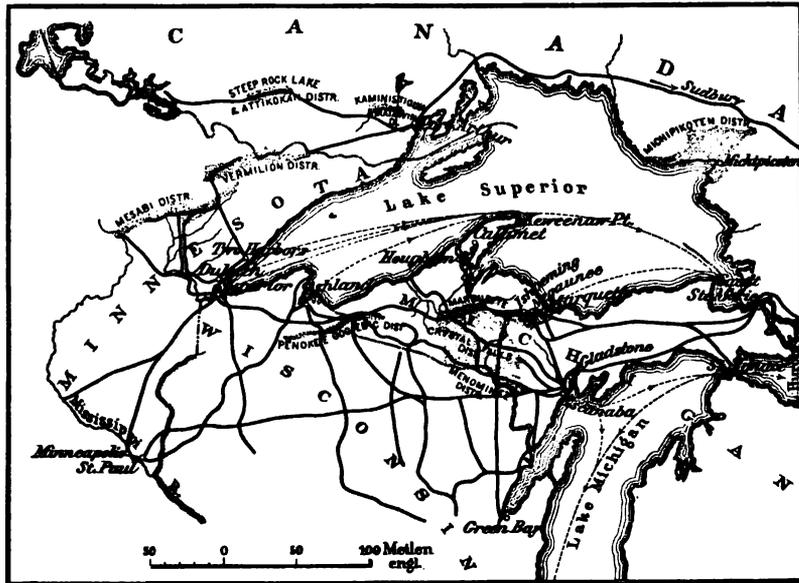


Fig. 50. Übersichtskarte der Eisenerzdistrikte am Oberen See. (Leith, 1903.)

weniger steil aufgerichtet und bildet im Marquette-Distrikt sowie in dem südlich davon gelegenen „Republic-Trough“ Mulden mit sehr steil einfallenden Flügeln, während die Lagerung in der Mesabi-Range stellenweise sogar eine recht flache ist. Nachstehend folge eine Übersicht über das Algonkium in den vier Bezirken.

Zu **Marquette** hat man folgende Gesteinsreihe festgestellt:

**Untere Marquette-Stufe:**

Quarzit (Konglomerat) . . . . .	33—200 m.
Dolomit . . . . .	130—415 "
Schiefer . . . . .	165—300 "
Quarzit (Konglomerat) . . . . .	210—270 "
Schiefer . . . . .	60—190 "
Die eisenerzführende Negaunee-Formation . . . . .	300—450 "

**Obere Marquette-Stufe:**

Quarzit (Konglomerat) . . . . .	465 "
Amphibol-Magnetitschiefer . . . . .	160 "
Tonschiefer und Grauwacken } . . . . .	300—600 "
Glimmerschiefer	
Decken von Eruptivgesteinen.	

Wichtig ist in derselben vor allem der Komplex der Negaunee-Formation als das eigentliche eisenerzführende Gebirge. Letzteres besteht zunächst aus den

„sideritic slates“, d. s. Sideritkieselschiefer, deren Siderit meistens eine Umwandlung in Roteisen erfahren hat; eine Analyse ergab Steiger:

SiO <sub>2</sub> . . . . .	42,37
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	1,09
FeO . . . . .	31,41
CaO . . . . .	0,50
MgO . . . . .	2,48
CO <sub>2</sub> . . . . .	21,80
	<hr/>
	99,65

Als Aktinolith-Magnetitschiefer werden wechselnde Gemenge von stark eisenhaltigem Aktinolith (Grünerit), Magneteisen und Quarz bezeichnet, welche Übergänge in die Sideritkieselschiefer und in die Kieselschiefer zeigen. Durch Umwandlung des Siderits in Hämatit entstanden die Eisenschiefer (ferruginous slates) und die Eisenkieselschiefer, welche einen bandartigen Wechsel von schwarzem Magneteisen oder häufiger von Roteisen und rotem Kieselschiefer zeigen und häufig durch den Gebirgsdruck bis ins feinste gefältelt oder brecciös zertrümmert sind. Diese Eisenkieselschiefer finden sich besonders häufig in den mittleren und unteren Teilen der Negaunee-Formation und besonders gern über Diabaseinlagerungen oder im Kontakt mit diesen.

Die prachtvollen Jaspisschiefer (jaspilites) unterscheiden sich von den vorigen durch den höheren Eisenoxydgehalt der kieseligen Lagen, wodurch diese zu rotem Jaspis werden, und durch die größere Kristallinität des Roteisenerzes, das in den Jaspiliten Eisenglanzblätter bildet. Diese Gesteine nehmen die höheren Teile der Eisenerzformation ein.

Von besonderer Bedeutung für die sekundäre Umlagerung des Erzes sind, wie sich weiter unten zeigen wird, Decken, Stöcke und Gänge von Diabasen (Dioriten). Dieselben sind teilweise oder häufig auch ganz zu fettig-tonigen Massen, zu sog. soapstones (Seifensteinen), umgewandelt.

Nach H. L. Smyth<sup>1)</sup> ist die entsprechende Schichtenfolge bei **Menominee** die nachstehende:

Unten: Quarzit (Konglomerat z. T.) . . . . .	210—300 m.
Kristalliner Kalkstein mindestens . . . . .	210—300 „
Rote, schwarze und grüne Jaspise, Schiefer usw. (Haupteisenhorizont) . . . . .	60—90 „
Jaspis.	

Eisenerz kommt im Quarzit nahe der Grenze des hangenden Kalksteins, hauptsächlich aber in dem Jaspis- und Schieferhorizont und endlich mehr untergeordnet in dem oberen Jaspisen vor.

Im **Penokee-Gogebic-Distrikt**, 130—160 km westlich von Marquette wird das archaische Grundgebirge überlagert von

kieseligem Dolomit . . . . .	bis 90 m,
Quarzitschiefer . . . . .	„ 150 „
dem Eisenerzhorizont . . . . .	240—300 „
Schiefer, Grauwacken und Quarzit . . . . .	bis 3850 „

<sup>1)</sup> Am. Journ. of Science, 1894, 216; zitiert von Kemp.

Dartüber liegen die Konglomerate, Sandsteine, Diabase und Melaphyre der kupferführenden Keweenaw-Formation.

Während hier die Sedimente im Hangenden und Liegenden des Eisenerzhorizontes deutlich klastisch sind, können die eisenführenden Gesteine nach Irving und van Hise nur als chemische Präzipitate oder als organogene Sedimente aufgefaßt werden. Dieselben gehören drei Gesteinstypen an, welche viel Ähnlichkeit mit den Eisenschichten von Marquette besitzen; es sind das

1. die Sideritkieselschiefer. Diese bestehen aus Siderit, der mitunter vorwaltet, meistens aber mit Chaledon gemengt, daneben auch von allerlei Nebenbestandteilen wie Hämatit, Brauneisen, Magnetit, Pyrit und grünlichen Silikaten (Viridit usw.) begleitet ist;

2. die eisenführenden Kieselschiefer. Sie bestehen im allgemeinen aus feinkristalliner Kieselsäure mit Beimengungen von Hämatit, Limonit, seltener von Magneteisenerz oder Siderit und sind rot, braun, grau oder weißlich;

3. Aktinolith-Magnetitschiefer.

Im Penokee-Gogebic-Distrikt finden sich die abbauwürdigen Eisenerze im unteren Teil der eisenführenden Schichten und nahe den liegenden Quarzitschiefern oder auf ihnen. Während im Menominee-Gebiet eruptive Gesteine keine Rolle spielen, sind sie hier für das Auftreten der verlagerten Eisenerze ebenso wie im Marquette-Distrikt von Bedeutung.

Dasselbe gilt für die **Vermilion-Lagerstätten** nördlich Duluth, wo in dessen die geologischen Verhältnisse infolge Gebirgsdruck und Druckmetamorphose sehr viel schwerer deutbar sind als südlich des Oberen Sees. Vielleicht sind auch hier Eisenkieselschiefer die ursprünglichen Träger des Eisengehaltes gewesen.

Dieses Gebiet und die Mesabi Range sind von den vorigen Eisenerzdistrikten durch die gewaltige Mulde der hangenden, in ihren unteren Schichten kupferführenden Keweenaw-Schichten getrennt.

Eine längere Abhandlung von Leith beschäftigt sich neuerdings mit den Eisenerzlagerstätten der **Mesabi Range**, welche eine großartige Entwicklung versprechen. Auch dort kennt man an der Basis des Huron die aus verschiedenen, meist basischen Eruptivgesteinen, Hornblende-, Glimmer- und Chloritschiefern bestehenden archaischen Gesteine, darüber das etwa 900—1500 m mächtige untere Huron mit „Grauwacken“ (d. s. Sedimentgneise), Konglomeraten, Granit und Quarzporphyren.

Das obere Huron gliedert sich in drei Stufen, welche mit Lokalnamen benannt worden sind:

1. Unten: an der Basis stellenweise Konglomerate, darüber Quarzite, 60—150 m.
2. Eisenhaltige, amphibol-, kalkspat- und siderithaltige Kieselschiefer und Jaspise, Tonschiefer, Greenalitschiefer, durchschnittlich 300 m.
3. Tonschiefer, einige tausend Meter (bis 4000 m?) dick.

Von den Gesteinen der Zone 2 (der „Biwabik-Formation“) verdient der Greenalitschiefer besondere Beschreibung. Als Greenalit bezeichnet Leith gerundete, bald langgestreckte, bald mehr kugelige oder ellipsoidische, im frischen Zustand grün gefärbte Körperchen mit durchschnittlichen Dimensionen von 0,25 bis 0,5 mm. Ihre chemische Zusammensetzung entspricht wahrscheinlich der Formel

(Fe, Mg) SiO<sub>3</sub> · nH<sub>2</sub>O. Sie haben weder radiale noch konzentrische Struktur und liegen eingebettet in einer Grundmasse von Quarz, Amphibol (Grünerit usw.), Siderit oder Kalkspat oder in einem Gemenge dieser Mineralien. Nach dem genannten Beobachter sollen die Kieselschiefer mit ihren verschiedenen mehr oder weniger eisenhaltigen Varietäten und wechselnden Farben hervorgegangen sein aus Greenalitschiefern, in denen der Greenalit durch Quarz, Magnetit, Hämatit, Brauneisen, Siderit, Calcit, Grünerit und andere Hornblenden, durch Epidot und Zoisit verdrängt worden wäre. Auf andere nachträgliche Vorgänge wird die Entstehung gewisser, sehr an Oolithe erinnernder, zumeist aus Eisenerz und Quarz bestehender „sekundärer Konkretionen“ in den Kieselschiefern zurückgeführt.<sup>1)</sup> Die chemische Zusammensetzung und deshalb auch der Eisengehalt dieser Jaspise schwanken naturgemäß sehr; der letztere ist aber kaum je so groß, daß das Gestein an sich abbauwürdig wäre.

Wie schon angedeutet, sind allgemein nicht die eisenhaltigen Kieselgesteine der Gegenstand des Abbaues, sondern oxydische Erze, welche nach Auffassung der amerikanischen Geologen durch Verdrängung dieser ersteren unter Wegfuhr

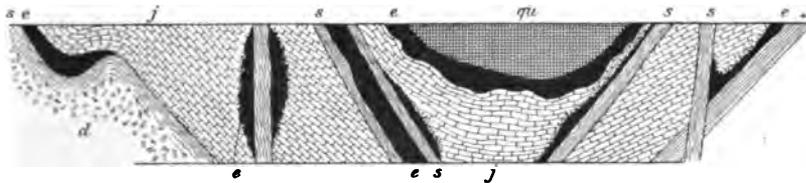


Fig. 51. Schematische Darstellung der verschiedenen Eisenerzvorkommnisse zu Marquette. d „Diorit“, s soapstone, e Eisenerz, j Jaspis, qu Quarzit. (van Hise, 1892.)

von Kieselsäure entstanden sind. Charakteristisch für diese Art von Eisenerz-lagerstätten sind die Vorkommnisse von Marquette.

Nach van Hise hat man dort vier Arten des Auftretens bauwürdiger Lagerstätten, welche in Fig. 51 schematisch skizziert sind:

1. Erzkörper im Kontakt des hangenden Quarzit-Konglomerates mit der eisenerzführenden Negauneeformation; das Erz besteht aus Eisenglanz oder Magnetit. Solche Erzmassen finden sich dort, wo die Kontaktebene durch Faltung muldenförmig gebogen ist, oder, wo ein Gesteinsgang (zersetzer Diabas, soapstone) die Schichten durchbricht, in der Rinne zwischen Kontaktfläche und Gang; in einiger Entfernung von dem soapstone verliert sich dann das Erz.

Unterhalb der Kontaktfläche des Quarzit-Konglomerates mit dem Jaspis treten häufig Erzsäulen (Chimneys) auf. Ein genaueres Studium läßt erkennen, daß in solchen Fällen eine Verdrängung des Kieselgesteines durch Eisenlösungen auf Rissen vor sich gegangen ist.

2. Erzkörper im Hangenden von soapstone, der nach unten zu in unveränderten Diabas („Diorit“) übergeht, besonders häufig dann, wenn die Kontakt-

<sup>1)</sup> Es sei verwiesen auf die Mikrophotographien in Leiths Abhandlung. Die zuletzt erwähnten konzentrisch gebauten „Konkretionen“ hat auch van Hise im Penokee-Gebiet-Distrikt gefunden.

fläche zwischen dem Sediment und dem Eruptivgestein trogförmig gestaltet ist. Oxydische und hydratische Erze finden sich so.

3. Erzkörper neben soapstone-Gängen, welche die Eisenerzformation durchbrechen; zumeist hydratische Erze.

4. Seltener und von untergeordneter Ausdehnung sind Erzkörper innerhalb der Jaspis- oder Kieselschieferschichten.

Förderlich für das Zustandekommen solcher sekundärer Erzanreicherungen war das Vorhandensein eines für die Eisenlösungen undurchlässigen Liegenden, ferner starke Faltungen und Brüche. Übrigens finden sich Eisenerzansammlungen auch ganz im Liegenden der Negaunee-Formation über den darunter liegenden Schiefen, wenn die Kontaktfläche eine Mulde bildet.

Die gewinnungswürdigen Erze der Mesabi Range sind gerade so wie diejenigen der übrigen Eisendistrikte am Oberen See durch Umlagerung und Konzentration aus den ursprünglich schwächer eisenhaltigen Schichten, besonders den „Greenalitschiefern“ hervorgegangen. Die Erze erfüllen flache, unregelmäßige, in das harte Nebengestein eingesenkte Mulden, bis zu 3 km lang, einige hundert

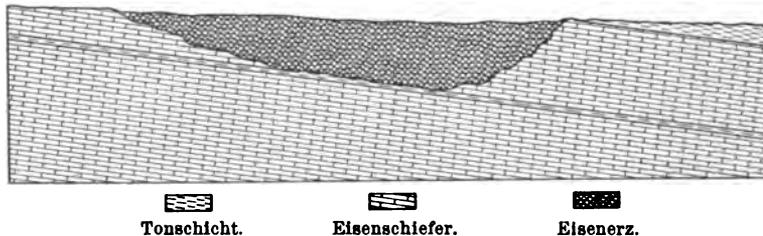


Fig. 52. Schematisches Profil durch eine Lagerstätte der Mesabi Range. (Leith, 1903.)

Meter breit und zumeist weniger als 100 m, sehr häufig kaum 20 m tief. Da die Eisenerze weicher sind als das Nebengestein, so hat die Erosion, besonders diejenige der ehemals darüber fließenden Gletscher, an ihrer Stelle auch oberflächlich sichtbare Terrainmulden erzeugt.

Was die Entstehung der Eisenerzlager am Oberen See im besonderen anbelangt, so ist kein Zweifel darüber möglich, daß der Eisengehalt ursprünglich ein sedimentärer und an die fraglos sedimentären Kieselgesteine sowie an die Aktinolith-, Magnetit- und „Greenalitschiefer“ gebunden gewesen ist. Nachdem früher die Eisenerze wohl auch für eruptive Gebilde gehalten worden waren, betonte 1865 Kimball die sedimentäre Entstehung derselben; Credner stellte 1869 letztere außer Frage und nahm an, das Eisen sei ursprünglich als Eisenkarbonat aus dem Meere abgelagert, dann zunächst in Magneteisen und später erst teilweise in Roteisenerz auf dem Wege fortschreitender Oxydation übergeführt worden. Das Vorkommen von Martit (d. s. Pseudomorphosen von Roteisenerz nach Magnetit) bestärkte ihn darin. Reyer glaubte einen Absatz von Eisenerz im Gefolge vulkanischer Exhalationen annehmen zu sollen. Zunächst sei Eisenchlorid aus den basischen Magmen ausgehaucht, dieses durch Zutritt des Wassers in ockerigen Eisenhydroxydschlamm umgewandelt worden; aus letzterem hätten sich dann Hämatit und Magnetit gebildet. Die Diskordanzen zwischen umgebenden Gesteinen

und den Erzkörpern, wclch letztere Reyer also wie die früheren für primäre Absätze hielt, betrachtete er als eine Folge der Gebirgsfaltung, welcher diese eine andere Plastizität entgegengestellt hätten als jene.

Nach der Ansicht Irvings, Pumpellys und van Hises<sup>1)</sup> war der Siderit die ursprüngliche, den Gesteinen der Eisenerz-Formation gemeinsame Eisenverbindung; diese Gesteine sind sedimentär und ebenso wie der Siderit chemische Präzipitate. Ein Teil dieses letzteren wurde an Ort und Stelle umgewandelt in Rot- oder Magnetisenerz; ein anderer Teil wurde ausgelaut und an anderer Stelle wieder abgesetzt. Dieser Auslaugung leisteten einerseits die brüchigen Kieselgesteine wenig Widerstand, ihre Klüfte bildeten die Zirkulationswege für die Agentien; andererseits waren die tonig zersetzten Eruptivgesteine, besonders dort, wo sie eine trogförmige Oberfläche besaßen, der Wasserzirkulation hinderlich, und es mußte dort der Erzabsatz am intensivsten sein. Nach van Hises Anschauung hätte sauerstoffhaltiges, von der Oberfläche her eindringendes Wasser zunächst Siderit oxydiert, sich zugleich mit dessen Kohlensäure beladen und mittelst dieser an anderen Stellen wieder Siderit gelöst. Solche Lösungen seien an den wasserundurchlässigen Gesteinen mit sauerstoffhaltigem Wasser zusammengetroffen und hätten infolgedessen die oxydischen Erze abgesetzt. Durch Alkalien, die den sich zersetzenden Eruptivgesteinen entnommen waren, sei die Kieselsäure der Jaspise und Kieselschiefer gelöst worden und die Eisenerze hätten sich an ihrer Stelle angesiedelt, sie ersetzt. Im Laufe der Zeit habe so eine Konzentration des Erzes nach der Tiefe zu stattgefunden, so zwar, daß auch der verhältnismäßig geringe Eisengehalt der Schichten, welche der Erosion zum Opfer gefallen sind, jetzt in mächtigen Eisenerzmassen erhalten ist. Andererseits habe aber auch eine sekundäre Verkieselung der eisenführenden Gesteine stattfinden müssen.

Dieselbe Erklärung hat auch Leith für die Entstehung der Mesabi-Lagerstätten gegeben. Die undurchlässigen Schichten bildet nach ihm der „paint rock“, ein eisenschüssiger, verwitterter Schiefer-ton.

Auf der Michiganhalbinsel unterscheidet man folgende Erzsor-ten (Höfer):

1. Der Magnetit (black oxide) ist gewöhnlich fest und dicht, zeigt innerhalb der Lagerstätte manchmal Schicht- und Absonderungsflächen. Die Handelsware hat gewöhnlich einige 60% metallisches Eisen.

2. Specular ore ist ein dichter, körniger oder schieferiger Hämatit von grauer metallischer Farbe; er ist fest und gibt im Hochofen gewöhnlich 60% und wenig darüber. Wenn in ihm Jaspisbänder enthalten sind, führt er den Namen Mixed ore. Das Specular ore ist das Haupterz.

3. Soft hematite, auch Brown hematite genannt, ist poröser, lockerer, rotbrauner Hämatit, welcher bereits einige Prozente Wasser gebunden und den Übergang in Limonit eingeleitet hat. Der Eisengehalt variiert zwischen 50 und 55%. Ein großer Teil des „soft hematite“ dürfte Turjit,  $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  (94,7%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , 5,3  $\text{H}_2\text{O}$ ) sein.

4. Flag ore ist ein deutlich geschichteter, an Kieselsäure reicher Hämatit und schwieriger als die anderen genannten Erze zu verhütten.

<sup>1)</sup> Zusammenfassende Darstellung im Am. Journ. of Science, XLIII, 1892, 116 bis 132.

5. Ein mangan- und kieselsäurehaltiges Erz, welches an einigen Punkten das flag ore begleitet.

Die chemische Zusammensetzung einiger Michiganerze ist folgende:

	1.	2.	3.
	Magnetit	Specular ore	Brown hematite (soft ore)
FeO . . . . .	17,87	—	—
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	74,93	93,75	75,75
Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	0,05	Spur	0,80
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	1,15	0,73	1,54
CaO . . . . .	0,52	0,61	0,36
MgO . . . . .	0,92	0,23	0,29
S . . . . .	0,12	0,03	0,11
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0,28	0,32	0,19
Rückstand (Silikate usw.) . . . . .	3,70	3,27	14,06
Chemisch gebundenes	—	—	3,94
Wasser	0,52	1,09	—
Hygroskopisches	—	—	1,18
Flüchtiges . . . . .	—	—	1,81
	<u>100,06</u>	<u>100,03</u>	<u>100,03</u>
Fe . . . . .	66,04	65,62	52,65
P . . . . .	0,115	0,131	0,078.

Bis 1870 wurde beinahe ausschließlich Rot- und Magneteisenerz gewonnen, das „soft ore“ dagegen vernachlässigt.

Die gegenwärtig in der Mesabi Range abgebauten Erze sind fast sämtlich Eisenhydroxyde, nämlich das rote Eisenhydroxyd Turjit, ferner Goethit, Limonit usw. Magneteisen kommt nur selten vor. Der Phosphorgehalt derselben bleibt nach den von Leith mitgeteilten Analysen stets unter 1<sup>o</sup>/<sub>o</sub> und größtenteils unter 0,5<sup>o</sup>/<sub>o</sub>, der Gehalt an Kieselsäure ist durchschnittlich etwa 5<sup>o</sup>/<sub>o</sub>, der an Mangan geringer als 1<sup>o</sup>/<sub>o</sub>, der an Schwefel zumeist geringer als 0,01<sup>o</sup>/<sub>o</sub>. Die von Leith mitgeteilten Eisengehalte schwanken im allgemeinen zwischen 55 und 64<sup>o</sup>/<sub>o</sub>.

Die Eisenerze von Michigan wurden 1844 bei der Landesvermessung durch eine auffällige Ablenkung der Magnetnadel entdeckt und werden seit 1856 im großen Maßstabe ausgebeutet. Ihre Entdeckung hat die ökonomischen Verhältnisse der ganzen Gegend, einer früher von Stümpfen und Urwäldern bedeckten Wildnis, völlig verändert; quantitativ und qualitativ gehören sie zu den besten Eisenerz-lagerstätten nicht nur Amerikas, sondern der ganzen Welt, für die Eisenindustrie der Vereinigten Staaten sind sie von der höchsten Bedeutung.

Im Marquette-Distrikt beträgt die durchschnittliche Mächtigkeit der Erzmassen wenigstens 20 Fuß, doch erreicht sie auch manchmal 90, ja auch 120 Fuß, und dieselben lassen sich mitunter einige tausend Fuß weit verfolgen. Die Erzkörper sind übrigens äußerst ungleich in Größe und Gestalt; die „weichen Erze“ scheinen in größeren Teufen seltener zu werden, und nach Jopling soll auch die Erzführung mit der Teufe im allgemeinen geringer werden. Übrigens bauen die ältesten Gruben immerhin noch in 350—400 m Teufe auf hartem Erz.

Die erste Grube von Marquette war die Jackson Mine, 1877 wurde das Menominee-Gebiet, 1885 der Penokee-Gogebic- und Vermilion-Distrikt und im

Jahre 1891—1892 die Mesabi Range erschlossen. Etwa bis zum Jahre 1880 wurde fast allgemein Tagebau getrieben. 1898 gab es im Marquette-Distrikt 17 tätige, 11 zeitweilig eingestellte und 41 gänzlich aufgelassene Betriebe. Die größte bis dahin erreichte Teufe betrug gegen 400 m.

Die Gesamtproduktion der verschiedenen Distrikte war 1901:

Marquette 3597089, Menominee 3697408, Gogebic 3041869, Vermillion 1805996, Mesabi 9303541 long tons (= 1016 kg).

Die Produktion von Eisenerzen betrug in long tons:

	In den Vereinigten Staaten überhaupt	Am Oberen See
1891 . . . . .	14 591 178	7 621 465
1892 . . . . .	16 296 666	9 564 388
1893 . . . . .	11 587 629	6 594 620
1894 . . . . .	11 879 679	7 682 548
1895 . . . . .	15 957 614	10 268 978
1896 . . . . .	16 005 449	10 566 359
1897 . . . . .	17 518 046	12 205 522
1898 . . . . .	19 433 716	13 779 308
1899 . . . . .	24 683 173	17 802 955
1900 . . . . .	27 553 161	20 564 238
1901 . . . . .	28 887 479	21 445 903

Der enorme Zuwachs der Erzförderung am Oberen See ist vor allem der Eröffnung der Mesabi-Gruben zuzuschreiben. Dieselben liefern etwa ein Drittel der ganzen nordamerikanischen Eisenerzproduktion.

Die Gesamtproduktion von Eisenerzen am Oberen See seit der bergmännischen Erschließung im Jahre 1850—1901 beträgt rund 200 000 000 t, im Jahre 1856 hatte sie 7000 t, im Jahre 1875 925 000 t betragen.

Die Vereinigten Staaten nahmen 1901 mit einer Roheisenproduktion von 16 000 000 t weitaus an erster Stelle an der Weltproduktion von etwa 41 000 000 t teil. Noch im Jahre 1877 hatte die Union nur 2 000 000 t, 1896 8 800 000 t erzeugt, etwa so viel wie die jetzige Produktion Deutschlands.

#### \* Zusammenfassender Rückblick auf die Eisensteinlager in metamorphen Schieferen und deren Entstehung.

Die Entstehungsweise der mannigfachen im vorigen beschriebenen Eisenerzlagerstätten ist eines der schwierigsten Probleme der Lagerstättengeologie. Schon die große Verschiedenheit der einzelnen Vorkommnisse, die sich aber, wie bei einiger Aufmerksamkeit leicht ersichtlich ist, doch wieder gruppenweise zusammenfassen lassen, scheint eine einheitliche Erklärungsweise ihrer Entstehung auszuschließen, ja es ist sogar, wie das schon mehrfach betont wurde, nicht unmöglich, daß verschiedene hier beschriebene Eisenerzlagerstätten überhaupt keine schichtigen, sondern durch epigenetische Prozesse entstanden sind. Solange aber über solche Fragen so wenig Klarheit herrscht, wie noch in diesem Augenblick, schien es am besten, die konkordant zwischen die archaischen Schiefer eingelagerten oxydischen Eisenerze zusammenfassend in eine Gruppe zu vereinigen, deren Angehörige wenigstens zum großen Teil als echte Sedimente aufzufassen sind.

In früherer Zeit hat man die in Rede stehenden Eisenerzlager mit Vorliebe als Gänge bezeichnet; besonders gilt dies für die seit so langen Jahrhunderten in Abbau befindlichen schwedischen Vorkommnisse. Noch 1861 haben

Kjerulf und Dahll die Arendaler Lager für echte eruptive Gänge gehalten, wiewohl schon 1859 A. Sjögren<sup>1)</sup> eine sedimentäre Entstehung für dieselben behauptet hatte; nur für den Taberg und verwandte Vorkommnisse in Schweden und für die Titaneisenerze des südlichen Norwegens wurde weiterhin und wird noch jetzt ganz allgemein eine eruptive Entstehung angenommen.

Die besprochenen Eisenerzlager liegen, wie allgemein zugegeben wird, konkordant zwischen den Schichten des Nebengesteines, woraus ziemlich übereinstimmend auf eine mit diesem gleichzeitige Entstehung geschlossen wird. Soweit ihr Liegendes eine andere Beschaffenheit hat als ihr Hangendes, soweit sie ferner eine weit ausgedehnte Erstreckung und dabei insbesondere eine relativ geringe Schichtenmächtigkeit zeigen und z. B. in bandartigem Wechsel mit dem Nebengestein auftreten oder in sich selbst eine deutliche Schichtung besitzen, dürfte es am nächsten liegen, eine schichtige Entstehung solcher Lagerstätten anzunehmen, wie das dann auch allgemein geschieht. Eisenerze solcher Art bestehen am häufigsten aus Roteisenstein oder aus körnigem oder schuppigem Eisenglanz.

Zahlreiche der beschriebenen Vorkommnisse aber sind dadurch ausgezeichnet, daß sich in ihrer Nähe allerlei Silikate, wie Granat, Epidot, Pyroxen, Hornblende usw., einstellen, oder daß die Erze damit innig verwachsen sind, daß solche Silikatmassen zudem häufig gebunden sind an Kalksteine und scheinbar sogar diese letzteren fast ganz verdrängen können. Eisenerzlagerstätten dieser Art bilden manchmal stockförmige unregelmäßige Massen, enthalten beinahe immer als Eisenerz Magnetit, führen manchmal auch Manganerze und sind häufig mit Sulfiden verunreinigt, gar nicht selten auch an die unmittelbare Nähe von Granit gebunden. Sie vereinigen in sich Erscheinungen, welche man auf Lagerstätten innerhalb von Kontaktzonen antreffen kann. Wieder andere enthalten in größeren Mengen Bestandteile, die im übrigen gerade in schichtigen Gesteinen nur in geringer Menge auftreten, wie Titan und Phosphor.

Alle diese Typen sind in Skandinavien ausgezeichnet vertreten und haben dort das eingehendste vergleichende Studium erfahren.

Nimmt man zunächst an, daß alle konkordant zwischen die Schichten eingelagerten Eisenerzlagerstätten Sedimente seien, so wäre die zunächstliegende Annahme die, daß sie hervorgegangen sind aus eisenreichem Schlamm und daß sie ihren heutigen Charakter denselben Vorgängen verdanken, welche auch die sie umschließenden Gesteine, sofern dieselben wirklich zweifellose Sedimente sind, zu kristallinen Schiefem umgewandelt haben — nämlich vor allem der Regional-, stellenweise wohl auch der Kontaktmetamorphose. Für ihre vor dieser Umwandlung liegende Geschichte würde dann das gelten können, was späterhin für die Entstehung schichtiger Eisenerzlager in jüngeren Schichten gesagt werden soll. Einstweilen steht fest, daß besonders die marinen Schichten weit ausgedehnte Eisenerzlager von zweifellos sedimentärer Entstehung enthalten (wie z. B. die oolithischen Eisenerze der verschiedensten Formationen), weshalb der Annahme nichts im Wege steht, daß auch in den aus normalen Sedimenten entstandenen

<sup>1)</sup> Våra malmdepositioners läge och uppkomst; Jernkontorets-Annaler, 1859.

kristallinen Schiefen solche enthalten sein können. Sie wären dann als ursprüngliche Absätze von Brauneisenstein oder Spateisenstein, vielleicht auch von Roteisenstein denkbar; erstere beiden müßten dann durch den Gebirgsdruck ihren Wasser- und Kohlensäuregehalt verloren, die Spateisensteine auf eine noch unbekannt Weise Sauerstoff aufgenommen haben.<sup>1)</sup> Man vermöchte auf solche Art auch einen nicht unbeträchtlichen Phosphorgehalt der Erze zu erklären; denn auch die marine Minette Lothringens enthält bei einem Glühverlust von 10—20% fast gegen 2% Phosphorsäure. Auch die Entstehung manganhaltiger Erze und fast reiner Manganerze könnte auf solche Weise erklärt werden.

1. Am meisten Berechtigung hat die Annahme einer einfachen sedimentären Entstehung mit nachheriger regionalmetamorpher Umwandlung bei den Itabiriten, welche nichts weiter sind als hochgradig eisenreiche Glimmerschiefer, und bei den ähnlichen Erzen des Striberger Typus oder denjenigen von Grängesberg. Manchmal weisen mehr oder weniger benachbarte Kalksteinlager mit aller Wahrscheinlichkeit auf eine sedimentäre Entstehung des ganzen Schichtenkomplexes hin. Eruptivgesteine fehlen dann manchmal ganz und gar, wie zu Näverhaugen; häufig aber sind sie vorhanden, haben dann jedoch, wie zu Grängesberg, schon fertige oxydische Erze durchbrochen und den Eisenglanz zu Magnetit umgewandelt. Zu dieser Gruppe von Eisenerzlagern gehören die schwedischen und norwegischen „Torrstenar“ zahlreicher Vorkommnisse (siehe S. 119), ferner die Eisenglimmerschiefer (Itabirite) von Norwegen, Minas Geraes, Süd-Carolina, Okande, die Eisenglanz- und Roteisenlagerstätten von El Pedroso, Kriwoi Rog, in Amerika, vielleicht auch die Magneteisensteine der Hudson-Hochländer.

Hj. Sjögren<sup>2)</sup> hat 1891 die Entstehung der schwedischen Eisenerzlagern aus ursprünglichen normalen Eisenerzlagern zu beweisen versucht und dabei besonders die jetzt noch zu beobachtende Bildung der Seeerze als hauptsächlichsten Ausgangspunkt für die Herkunft der alten Eisenglanz- und Magneteisenlager in den kristallinen Schiefen betrachtet. Es liegt aber jedenfalls kein Grund vor, nur in den Seeerzen den Urzustand letzterer Erze zu erblicken, denn viel häufiger sind marine Eisenerzlagern sedimentärer Entstehung, wenn wir auch über die Genesis dieser noch viel weniger aufgeklärt sind.

Kurz vor Sjögren hatte Vogt<sup>3)</sup> 1890 die Entstehung der Erzlager von Dunderlandsdal und Näverhaugen, welche ziemlich nahe dem Striberg-Typus entsprechen, auf eine Umwandlung von gelöstem Eisenoxydul-Karbonat zurück-

<sup>1)</sup> Knop (Studien über Stoffwanderungen im Mineralreiche, 1873) nimmt an, daß Spateisensteine, welche durch tektonische Ursachen in Teufen mit Temperaturen von 350—400° gelangen, unter Abscheidung von Kohlenoxyd und Kohlendioxyd in Magneteisensteine verwandelt wurden ( $3\text{FeCO}_3 = \text{Fe}_3\text{O}_4 + 2\text{CO}_2 + \text{CO}$ ), daß Brauneisenstein unter Verlust des Wassers zu Eisenoxyd werde. Kieselsaure Wässer sollen ferner schon bei 100°, also in 3000 m Tiefe, die Kohlensäure der Karbonate ausgetrieben und mit der Magnesia, dem Kalk usw. bei 400° die Silikate gebildet haben, welche so häufig die schwedischen Magnetite begleiten.

<sup>2)</sup> Om de svenska jernmalmlagrens genesis; Geol. För. Förh., XIII, 1891, 373—435.

<sup>3)</sup> Salten og Ranen, 1890; Deutsches Resumé, 214—224. — De lagformigt optraetende jernmalm forekomster af typus Dunderland, Norberg, Grängesberg, Persberg, Arendal, Dannemora; Geol. För. Förh., XVI, 1894, 275—297.

geführt. Er nimmt an, daß dasselbe sich alsbald oxydiert habe, daß dadurch Eisenhydroxyd und freie Kohlensäure entstanden sei, daß die letztere den Ausfall von kohlensaurem Kalk zunächst verhütet, die Ausscheidung von Kieselsäure aus den alkalischen Lösungen aber gefördert habe, und daß durch die Ausfällung des Eisenhydroxyds auch die Phosphorsäure niedergeschlagen worden sei. Er versuchte damit die Kalkarmut, den Kieselsäurereichtum und den bemerkenswerten Phosphorsäuregehalt dieser Eisenerze zu erklären. Da Manganoxydulcarbonat sich nicht so schnell oxydiere wie Eisenoxydulcarbonat, so habe Mangan während dieser Vorgänge in Lösung verbleiben können, was wiederum den geringen Mangan Gehalt der „Torrstenar“ erkläre. Sei der Niederschlag des Eisens als Oxyd infolge des Sauerstoffverbrauches anwesender organischer Substanz verzögert oder teilweise unmöglich gemacht worden, so daß nur  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  statt  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  entstehen konnte, so sei auch der Kalkstein samt dem Mangan etwa gleichzeitig mit dem Eisen ausgefallen, Sulfate seien reduziert worden, und es hätten sich dann Erzlagerstätten vom Typus der manganhaltigen Magnetitlager von Persberg und Nordmarken bilden müssen, die tatsächlich häufig reich sind an sulfidischen Imprägnationen.<sup>1)</sup> Auch Vogt muß seine Anschauung auf die heute wenigstens im engsten Rahmen und untergeordnet vor sich gehende Bildungsweise der Seerze stützen, welche übrigens doch gar nie von umfangreicheren Kalkabsätzen begleitet sind. Um überzeugend zu sein, fehlt diesen Theorien die Anwendbarkeit auf große Verhältnisse, so sehr sie durch Laboratoriumserfahrungen bestätigt sein mögen.

Vogt hat späterhin (1894) von schwedischen und norwegischen Lagerstätten außer den genannten nordnorwegischen auch diejenigen von Striberg, Utö, Pershytten, Norberg, Persberg, Grängesberg, Nordmarken, Dalkarlsberg, Arendal, Viker, Långban, Dannemora usw. in seine Theorie einbezogen.

Als schichtige Lagerstätten sind die ärmeren Eisenkiesel und anderen eisenhaltigen Gesteine von Marquette, Menominee usw. zu betrachten; durch eine sekundäre Umlagerung sind die dortigen bauwürdigen Massen entstanden.

2. Weniger einfach als bei den wohlgeschichteten Eisenglimmerschiefern und übrigen kieselsäurereichen Roteisen- und Eisenglanzlagern der vorigen Gruppe dürfte ein Erklärungsversuch bei den in allerlei Silikate eingelagerten Magneteisensteinlagern der verschiedensten Gegenden sein. Die begleitenden Silikate sind im allgemeinen solche, welche durch Kontaktmetamorphose aus tonhaltigen Kalksteinen zu entstehen pflegen, und fast nie wird Dolomit, Kalkstein oder Kalkspat in der Nähe solcher Erze oder in diesen selbst vermißt. Es gehören in diese Gruppe die Vorkommnisse von Persberg, Nordmarken, Dalkarlsberg, Viker, Klackberg, Långban, Dannemora und Arendal in Skandinavien, Mont Chemin im Wallis, Malaga (?), Navalazaro in Spanien, Mokta-el-Hadid (?), die Tilly Foster Mine und gewisse Vorkommnisse in Kanada. Sulfide sind hier häufige Begleiter des Eisenerzes.

Es darf nicht geleugnet werden, daß wenigstens ein Teil dieser Lagerstätten eine große Ähnlichkeit mit gewissen Vorkommnissen besitzt, die als echte

<sup>1)</sup> Vorausgesetzt wird also, daß letztere nicht spätere Immigranten sind, was jedoch nach der Art ihres Auftretens mitunter nicht unwahrscheinlich ist. Recht fraglich ist es auch, ob wirklich der häufige Gehalt der skandinavischen Eisenerzlager an Kohlenwasserstoffen ein ursprünglicher ist, und ob man in ihnen Reste von organischer Substanz erblicken darf, welche zur Ausfällung des einen oder anderen Erzes beigetragen haben könnte (siehe S. 122).

Kontaktlagerstätten beschrieben worden sind, wie z. B. mit denjenigen von Traversella im Piemont oder denjenigen von Moravicza und Dognacska im Banat. Besonders auf die Ähnlichkeit der Persberger Lagerstätten mit denjenigen des Banats hat Hj. Sjögren aufmerksam gemacht und die letzteren damals allerdings wie jene für schichtige Bildungen erklärt. Bezüglich der von Skarnmassen begleiteten Lagerstätten sind in jedem Einzelfalle an und für sich folgende Entstehungsweisen denkbar:

1. Sie könnten Sedimente sein; ihr gegenwärtiger mineralogischer Charakter wäre dann bedingt

a) durch eine Regionalmetamorphose,

b) durch eine Kontaktmetamorphose.

2. Sie sind vielleicht überhaupt nicht syngenetisch, sondern epigenetische Kontaktlagerstätten, d. h. die Bildung der Kalktonerdesilikate ist die Folge einer benachbarten Gesteinsintrusion, welche zugleich zur Ansiedelung der Erze in dem Nebengestein geführt hat. Ein Teil des zugeführten Metalles könnte dann auch zur Bildung der Silikate verwendet worden sein.

Was zunächst die Mitwirkung der Regionalmetamorphose anlangt, so scheint es, als ob dieselbe ihrer Wirkung nach in vielen Fällen nicht von der Kontaktmetamorphose zu trennen ist, und daß umgekehrt in großer Tiefe ruhende Tiefengesteinsmassen eine so weitgreifende Umwandlung ihres gleichfalls in gewaltiger Tiefe liegenden Nebengesteines — infolge intensiver, gleichmäßiger und langandauernder Durchhitzung unter hohem Druck und möglicherweise unter Mitwirkung von gasförmigen Agentien — bewirken könnten, daß diese Kontaktmetamorphose den Charakter einer allgemeinen Regionalmetamorphose annimmt.

Sehr viele der von einem Skarn begleiteten Eisen- und Manganzlagerstätten sind umgeben von Gneisen, „Granitgneisen“, „Granuliten“ und anderen Gesteinen, deren sedimentäre Natur keineswegs feststeht und die vielleicht ausgewalzte Tiefengesteine sind; in der Nachbarschaft anderer kommen zweifellose Granitstöcke vor. Es wäre in jedem Falle die Möglichkeit zu bedenken, ob nicht zwischen der Erzlagerstätte und derartigen Gesteinen ein ursächlicher Zusammenhang bestanden haben könnte, der durch die mannigfachsten tektonischen Vorgänge für immer verwischt worden ist.

Es kann hier nur nachdrücklich auf die große Ähnlichkeit zwischen den genannten, von einem Skarn begleiteten Eisenerzlagerstätten und anderen Vorkommnissen hingewiesen werden, welche man als Kontaktlagerstätten beschrieben hat, und welche deshalb auch in diesem Buche unter diesen behandelt worden sind, nämlich z. B. die von Schwarzenberg im Erzgebirge und von Schmiedeburg im Riesengebirge.<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Wie aus einer seiner letzten Notizen hervorgeht, wollte Stelzner alle von einem Skarnmantel umgebenen und von Skarn begleiteten sulfidischen und oxydischen Erzlagerstätten zusammenfassen und damit die nahen Beziehungen zwischen dem „Typus Persberg“ und den Erzlagern von Schwarzenberg im Erzgebirge zum Ausdruck bringen. Letztere schienen ihm wieder mit den Sulfid-Granatlagerstätten von Brokenhill, Schneeberg in Tirol u. a. verwandt zu sein. Für alle hielt er die sedimentäre Natur für am wahrscheinlichsten, da er auch die umgebenden Schiefer für sedimentär hielt.

Übrigens hat Hj. Sjögren<sup>1)</sup> neuerdings (1893) die Eisenerze von Persberg, Dalkarlsberg und Arendal samt den Lagerstätten des Banats für metasomatische Bildungen nach Kalksteinen erklärt, bewirkt durch erzhaltige Lösungen, welche längs der Kontaktflächen oder längs undurchlässiger Schichten zirkulierten.

Endlich sei noch die Möglichkeit angedeutet, daß vielleicht einige Eisenerzlager dieser Gruppe ihr Analogon in den zweifellos schichtigen Roteisensteinen des mittleren und oberen Devons in Mittel- und Norddeutschland und Mähren besitzen. Diese sind stets geknüpft an Diabastuffe, Diabase und Kalksteine; stellenweise gehen sie in solche über. Stellt man sich vor, daß diese devonischen Lagerstätten einer intensiven Regional- oder Kontaktmetamorphose ausgesetzt würden, so wäre wohl ein Endprodukt denkbar, welches den Erzlagern vom Typus Dannemora entspräche. So sind z. B. die Roteisensteinlager des Spitzbergs bei Altenau im Oberharz, welche nicht einmal in der Zone intensivster Kontaktmetamorphose des Oker-Granites liegen, in granatführende, von kristallinen Kalksteinen begleitete Magneteisensteine umgewandelt worden.

3. Am meisten Schwierigkeiten bereitet die genetische Deutung solcher Eisenerzlagerstätten, welche durch einen besonders hohen Phosphor- und Titan-gehalt ausgezeichnet sind. Ein Mittelglied zwischen diesen und den Erzen vom Striberg-Typus scheinen auf den ersten Blick die Lagerstätten von Grängesberg zu bilden, deren hangende Schichten mitunter außerordentlich reich sind an Apatit. Welche Meinungsverschiedenheiten in bezug auf die norrbottischen Eisenerze unter den schwedischen Geologen herrschen, ist schon bei Besprechung jener Vorkommnisse erwähnt worden. Vielleicht ist eine Aufklärung von der Erschließung der zahlreichen neuerdings in Lappland nachgewiesenen Erzmassen zu erwarten. Einstweilen gehen ja sogar die Ansichten über die Entstehung des Nebengesteines der letzteren noch diametral auseinander. \*

#### A n h a n g.

##### Die Smirgellagerstätten in den kristallinen Schiefen.

Der wegen seiner Härte wertvolle Smirgel tritt inmitten kristalliner Schiefer in bankförmigen Einlagerungen auf; er ist ein Gemenge von Korundkörnern vorzugsweise mit Magnetit und allerlei Silikaten. Seine Entstehung dürfte mit Kontaktmetamorphose zusammenhängen.

Die wichtigsten und bestbekanntesten Smirgellagerstätten sind diejenigen der Kykladeninsel Naxos.<sup>2)</sup> Das Liegende der smirgelführenden Schichten sind mehr oder weniger grobkörnige Gneise, die oft als Augengneis ausgebildet sind und große Orthoklas-Kristalle enthalten. Über diesem Gestein liegen feinkörnige Gneise und Marmorlager; auf der Nordseite der Insel sind in diese

<sup>1)</sup> Några jemförelser mellan Sveriges och utlandets jernmalmslager med hänsyn till deras genesis; Geol. För. Förh., XV, 1893, 484.

<sup>2)</sup> Tschermak, Über den Smirgel von Naxos; Tscherm. Min. petrogr. Mitt., XIV, 1895, 311—342, Lit. — Gobantz, Die Smirgellagerstätten auf Naxos; Österr. Ztschr. f. Berg- u. Hüttenw., XLII, 1894, 143—147. — Philippson, Beiträge zur Kenntnis der griechischen Inselwelt; Peterm. Mitt., Ergänzungsheft No. 134, 1901, 72—74, 77—78. — Zenghelis, Les minerais et minéraux utiles de la Grèce, 1903.

letzteren unregelmäßige Lager von Smirgel eingeschaltet. Nach Gobantz werden die Schiefer und Kalksteine von Turmalingranitgängen durchsetzt, die bis zu 25 m mächtig werden, und auch die Augengneise dürften wohl nichts anderes als Granite sein. Die Smirgellagerstätten liegen zwischen den beiden Dörfern Wothri und Apiranthos im Nordosten der Insel. Es sind viele 5—50 m mächtige, linsenförmige Massen im körnigen Kalk, an deren Zusammensetzung in wechselnder Menge folgende Mineralien teilnehmen: Korund, Magnetit (sekundär auch Hämatit), Turmalin, Margarit, Muskovit, Chloritoid, Diaspor, Disthen, Staurolith, Biotit, Rutil, Spinell und Vesuvian(?). Man nimmt als Norm an, daß der Smirgel aus  $\frac{2}{3}$  Korund,  $\frac{1}{4}$  Magnetit,  $\frac{1}{8}$  Kieselsäure usw. bestehe.

Die sehr schwierige Gewinnung geschieht heute noch vorzugsweise mittelst Feuersetzens, was einen enormen Holzverbrauch auf der Insel zur Folge hat. Weiteres über die Smirgelgewinnung berichten Gobantz und Philippson. Die Smirgelproduktion auf Naxos ist Staatsmonopol; die Ausfuhr betrug zwischen 1892—1897 jährlich durchschnittlich für 332000 Frs. „Außer auf Naxos kommt der Smirgel in Griechenland noch auf anderen benachbarten Inseln augenscheinlich in demselben Marmorhorizont vor, so auf Paros, Hiraklia, Jos, Sikinos(?); aber um die Preise nicht zu drücken, gestattet die Regierung nur auf Naxos den Abbau“ (Philippson). Im Jahre 1902 wurden 4700 t gewonnen.

Zahlreiche Smirgellager sind in **Kleinasien**<sup>1)</sup> bekannt. Das Mineral kommt hier teilweise anstehend und gebunden an Kalkstein, verunreinigt mit Margarit, Biotit, Chlorit usw., oder eluvial und vermengt mit Ton in Vertiefungen des smirgelführenden Kalksteines vor. Die letzteren werden bis zu 6 m tief. Der eluviale Smirgel hat bisher die Hauptmasse der dortigen Produktion ausgemacht. Die wichtigsten kleinasiatischen Smirgelgruben liegen am Gumusch Dagh und bei Tireh, nördlich des Maeander, zwischen Ephesus, Aidin und dem Berg Tmolos und weiter im Süden am Ak Sivri bei Akhyrküé.

Zahlreiche Korundvorkommnisse sind in den nordamerikanischen Oststaaten an Peridotit-, Pyroxenit-, Hornblendeschiefer-, Talkschiefer-, Chloritschiefer- und Serpentinvorkommnisse gebunden.<sup>2)</sup> Da dieselben wenigstens teilweise als magmatische Ausscheidungen erklärt werden können, wurde derselben schon früher kurz Erwähnung getan.

Der hauptsächlichste Smirgelproduzent in den Vereinigten Staaten war im Jahre 1901 Nord-Carolina; außerdem hat man neuerdings in Montana und in Kanada (Ontario) Smirgellager entdeckt. Nordamerika ist reich an solchen Vorkommnissen, die indessen noch sehr wenig ausgenutzt werden.

Der große Bedarf der Industrie an Schleifmitteln wird schon jetzt teilweise durch Kunstprodukte, wie Carborund (seit 1893) und künstlicher Korund, gedeckt.

<sup>1)</sup> Fuchs et de Launay, Gîtes minéraux, I, 605. — Thomae, Emery, chrome-ore and other minerals in the Villayet of Aidin, Asia Minor; Transact. Am. Inst. Min. Eng., XXVIII, 1899, 208—225.

<sup>2)</sup> J. Volney Lewis, Corundum of the Appalachian Crystalline Belt; Transact. Am. Inst. Min. Eng., XXV, 1896, 852—906, Lit.

In Sachsen kommt Smirgel am Ochsenkopf bei Schwarzenberg nach Frenzel<sup>1)</sup> mit Talk und Agalmatolith lagerförmig vor.

b) Nicht oolithische Lager von Roteisenstein und Magneteisenerz in normalen Sedimenten.<sup>2)</sup>

Von den im nachstehenden beschriebenen Erzlagerstätten können wohl nur die devonischen Roteisensteine Mitteleuropas als zweifellose Sedimente gelten. Die systematische Stellung aller anderen ist mehr oder weniger unsicher.

Unter Vorbehalt soll hier zunächst eine wenig wichtige Eisenerzlagerstätte im westlichen Frankreich erwähnt werden, über welche Genaueres nicht bekannt geworden ist. Bei Segré,<sup>3)</sup> NW. von Angers, im Depart. Maine-et-Loire liegen sechs Flöze von dichtem Magnet- und Glanzeisenerz in silurischen Quarziten. Der Magnetit überwiegt in der Teufe, im Ausstrich sind die Erze verwittert zu Brauneisenerz. Der Abbau dieser Lagerstätten reicht bis in gallische Zeiten zurück. Das Erz hat eine Mächtigkeit von 7 m. Im Jahre 1901 war der Bergbau gefristet.

Zu den gewaltigsten Eisenerzlagerstätten gehören diejenigen von **Cornwall in Pennsylvanien**,<sup>4)</sup> etwa 100 km WNW. von Philadelphia. Ihre Entstehung und systematische Zugehörigkeit ist ganz unaufgeklärt. Ein großartiges Lager von lockerem Magnetit bildet dort große Teile dreier Hügel von 40—90 m relativer Höhe, des Big Hill, des Middle Hill und des Grassy Hill. Die Erzmasse ist nachgewiesen auf eine Länge von etwa 1300 m, in einer Breite von 120—240 m und bis zu etwa 100 m unter dem Talboden, also bis zu etwa 200 m Mächtigkeit. Sie wird stellenweise überlagert von einem Komplex von Tonschiefer und Kalkstein, und innerhalb des Erzkörpers selbst treten parallelgelagerte Partien von denselben Gesteinen oder von Marmor auf, ein Beweis, daß das heutige Erz durch Umwandlung eines Sedimentes entstanden ist. Der erzführende Komplex liegt fast horizontal und zeigt nur ein geringes Einfallen gegen SW. Nach Norden ist das Erz samt den hangenden triasischen Kalken und Schiefeln durch eine Verwerfung gegen das gefaltete Silur und Cambrium abgeschnitten. Ein 30 m mächtiger „Trapp“-Gang (scheinbar ein Diabas-Porphyr) ist dort emporgedrungen; er fällt etwa unter 30—40° gegen S. ein und bildet als schwer verwitterndes Gestein zum guten Teil die ursprünglich kuppenförmigen Erhebungen der genannten drei Hügel. Gegen das Erz ist er scharf abgegrenzt. Zum anderen Teil bestehen die drei Hügel aus Eisenerz und den untergeordneten ein- und aufgelagerten Sedimenten.

Das Erz ist in den oberen Teufen teils in Limonit und Hämatit umgewandelt, teils recht reiner Magnetit. In der Tiefe stellt sich indessen ziemlich

<sup>1)</sup> Mineralogisches Lexikon für das Königreich Sachsen, 1874, 177—178.

<sup>2)</sup> Dieser Abschnitt wurde vom Herausgeber eingefügt.

<sup>3)</sup> Fuchs et de Launay, Gîtes minéraux, I, 731—733.

<sup>4)</sup> Hunt, The Cornwall Iron-mine and some related deposits in Pennsylvania; Transact. Am. Inst. Min. Eng., IV, 1875—1876, 319—325. — Höfer, Die Kohlen- und Eisenerzlagerstätten Nordamerikas, 1878, 241—245. — d'Inwilliers, The Cornwall iron-ore mines; Transact. Am. Inst. Min. Eng., XIV, 1886, 873—904. — Lesley and d'Inwilliers, Ann. Report II. Penns. Survey 1885; zitiert von Kemp. — Kemp, Ore deposits, 1900, 175—180, Lit.

viel Pyrit ein, der übrigens auch in den begleitenden Schieferen vorkommt; talkige Schieferlagen, dunkler Glimmer und Hornblende sind gleichfalls durch das Eisenerz verteilt.

Am Middle Hill finden sich auch Schürfe und Butzen von Kupfererz, nämlich Kupferkies und in höheren Teufen auch gediegenes Kupfer, Malachit, Lasur und Rotkupfererz. Höfer erwähnt ferner Kobaltvitriol, Allophan, Hydrokuprit (? CuOH), Calcit, Aragonit und Gips. Früher hat man zu Cornwall auf die Kupfererze gebaut; sie kommen jetzt noch in solcher Menge vor, daß sie ausgehalten und an die Kupferhütten geliefert werden können.

Die als Magnetit bezeichneten Erze sind nach alledem oft sehr unrein. Sie enthalten: Eisen bis zu 65%, Mangan 0,05—0,25%, sehr wechselnde Mengen Kupfer, bis über 3% Schwefel, bis zu 8% Magnesia, bis zu 4,5% Kalk, etwa 0,01% Phosphor und 4—21% Kieselsäure. Der Gehalt an letzterer ist umgekehrt proportional dem Eisengehalt.

In welchen Beziehungen die Kupfererze zu dem Eisenerze stehen, ob sie vielleicht jüngere Einwanderer sind, scheint noch nicht genügend aufgeklärt zu sein.

Jedenfalls entspricht die Qualität des Cornwall-Erzes nicht seiner Quantität; die schlechteren Sorten müssen vor der Verhüttung abgeröstet werden.

Über Alter und Entstehung dieser Erzlagerstätte gehen die Ansichten auseinander. Sicher ist so viel, daß die mächtigen Eisenerzmassen aus sedimentären Gesteinen hervorgegangen sind, und als wahrscheinlich gilt, daß diese letzteren dem Silurocambrium angehören. Fraglich bleibt, ob man es mit ursprünglich eisenhaltigen und in Eisenstein verwandelten Sedimenten zu tun habe, oder ob der Eisengehalt irgendwoher, vielleicht von dem Diabas zugeführt worden ist. Letzteres wird von d'Invilliers bestritten; nach dessen Ansicht, die auch teilweise von Kemp geteilt wird, bestand zuerst ein kalkführender, mit Pyrit durchwachsender Tonschiefer, wie er jetzt stellenweise noch angetroffen wird. Dieser soll zu Brauneisenerz verwittert sein, welches durch gleichzeitige Auslaugung von Kalk und Magnesia an Ort und Stelle angereichert und unter Wasser- und Sauerstoffentzug endlich in Magneteisen umgewandelt worden sein soll. Die Einwirkung heißer Quellen im Zusammenhang mit der Eruption des Diabases oder möglicherweise die Hitze des letzteren selbst mögen der Entstehung des Magnetits förderlich gewesen sein. Unangänglich dürfte wohl die Deutung der Magnetitmassen als eine Kontaktlagerstätte sein, denn dem widerspricht das Mißverhältnis zwischen der Masse des Diabases und der Erzmenge.

Ähnliche, wenn auch unbedeutendere Lagerstätten kommen in der Umgebung von Cornwall zu Boyertown, Weatfield, Reading und Dillsburg vor. Alle sind an „Trapp“-Durchbrüche gebunden und bestehen aus Magnetit. Die wichtigste der zuletzt genannten Gruben ist die von Boyertown; die Erzmasse ist dort nach Hunt über 40 m dick und fällt unter 45° ein.

Es ist bemerkenswert, daß sich alle diese im Flußgebiet des Susquehanna und des Schuylkill liegenden Vorkommnisse unmittelbar am nördlichen Außenrande der triasischen Gebiete Pennsylvaniens befinden.

Der Bergbau zu Cornwall reicht zurück bis in das XVIII. Jahrhundert. Schon nach 1740 gab es dort drei Hochöfen, welche jährlich je etwa 2000 t Eisen erschmolzen haben. Heute gehören die Cornwall-Gruben zu den ergiebigsten der Vereinigten Staaten. Sie lieferten 1901 etwa 760000 t Erz.

Die Roteisen- und Magneteisensteine im Gefolge der mittel- und oberdevonischen Diabase Mitteleuropas.

Literatur.

Bischof, Lehrbuch der chemischen und physikalischen Geologie, II, 2. Abt., 1854, 1082—1086.

von Dechen, Die nutzbaren Mineralien und Gebirgsarten im Deutschen Reiche, 1873.

Stein, Geognostische Beschreibung der Gegend von Brilon; Ztschr. d. deutsch. geol. Ges., XII, 1860, 208—272.

Beschreibung der Bergreviere Arnberg, Brilon und Olpe, sowie der Fürstentümer Waldeck und Pyrmont. Herausgeg. vom k. Oberbergamt zu Bonn, 1890. Geologische Abschnitte von E. Schulz.

Holzappel, Das obere Mitteldevon im rheinischen Gebirge; Abh. preuss. geol. Landes-Anst., Neue Folge, Heft 16, 1895.

W. Riemann, Beschreibung des Bergreviers Wetzlar, 1878. — Ders., Das Vorkommen der devonischen Eisen- und Manganerze in Nassau; Ztschr. f. prakt. Geol., 1894, 50—57.

Frohwein, Beschreibung des Bergreviers Dillenburg, 1885.

Frech, Geologie der Umgegend von Haiger bei Dillenburg (Nassau); Abh. preuss. geol. Landes-Anst., Bd. VIII, 3, 1888.

Drevermann, Die Fauna der oberdevonischen Tuffbreccie von Langenaubach bei Haiger; Jahrb. preuss. geol. Landes-Anst., 1900, 99—112.

Lotz, Die Dillenburger Rot- und Magneteisenerze; Ztschr. d. deutsch. geol. Gesellsch., LIV, 1902; Protok. 139—141.

Odernheimer, Das Berg- und Hüttenwesen im Herzogtum Nassau, 1865.

Wenckenbach, Beschreibung des Bergreviers Weilburg, 1879.

Geognostisch Bergmännische Skizzen; Berggeist, XI, 1866, 151—152, 155—156, 169.

Gümbel, Geognostische Beschreibung des Fichtelgebirgs, 277, 481, 508—509.

Die Eisenerzlager Oberfrankens; Berggeist, XI, 1866, 245—246.

Klockmann, Übersicht über die Geologie des nordwestlichen Oberharzes; Ztschr. d. deutsch. geol. Ges., XLV, 1893, 253—287.

Harbort, Zur Frage nach der Entstehung gewisser devonischer Roteisenerz-lagerstätten; N. Jahrb., 1903, I, 179—192.

Hauchecorne, Mitteilungen aus dem Laboratorium der k. Bergakademie in Berlin; Ztschr. f. d. Berg-, Hütten- u. Salinenw., XVI, 1868, 198—208.

M. Koch, Gliederung und Bau der Culm- und Devonablagerungen des Hartenberg-Büchenberger Sattels nördlich von Elbingerode im Harz; Jahrb. preuss. geol. Landes-Anst., XVI, 1895, 131—164. — Ders., Cypridinschiefer im Devongebiet von Elbingerode und Hüttenrode; ebenda XV, 1894, 199—221.

Brandes, Die Eisensteinlagerstätten bei Hüttenrode im Harz; Berggeist, XII, 1867, 367 ff.

Kretschmer, Die Eisenerzbergbaue bei Bennisch (Mähren); Österr. Ztschr. f. Berg- u. Hüttenw., XLII, 1894, 167—175, 186—188. — Ders., Die Eisenerzlagerstätten des mährischen Devon; Jahrb. k. k. geol. Reichs-Anst., XLIX, 1899, 29—124.

Pelikan, Über die mährisch-schlesische Schalsteinformation; Sitzungsber. math.-naturw. Cl. kais. Akad. zu Wien, CVII, Abt. I, 1898, 547—608, Lit.

Lowag, Die Eisenerzvorkommen und die ehemalige Eisenerzherzeugung bei Römerstadt in Mähren; Österr. Ztschr. f. Berg- und Hüttenw., XLIX, 1901, 129—133.

\* Zu den bezeichnendsten Schichtgliedern des mittleren und stellenweise des oberen Devons rechts des Rheins gehören die weitverbreiteten Vorkommnisse von Roteisenstein, die fast immer in Begleitung von Diabasen und von Schalsteinen, d. s. die zu letzteren gehörenden Tuffe, auftreten. Sie kommen dann als bankartige oder linsenförmige Zwischenlagerungen zwischen Diabasen, oder zwischen Schalsteinen, oder zwischen Schalsteinen und Diabasen vor, wobei bald dieses, bald jenes Gestein das Hangende oder Liegende bildet, oder sie treten zwischen solchen Gesteinen und Kalkstein oder Tonschiefern auf, besitzen eine sehr wechselnde Zusammensetzung und Struktur und gehen sehr häufig in Kalksteine oder Schalsteine über. Sind sie kalkreich, so werden sie als Flußeisensteine bezeichnet; durch Verkieselung werden sie zu Jaspisen oder Eisenkieseln. Nicht selten, aber nur in geringem Umfang, ist das Erz kristalliner Eisenglanz.

Diese weitverbreiteten Roteisensteine gehören samt den sie begleitenden Schalsteinen und Diabasen dem Stringocephalkalk oder den untersten Stufen des Oberdevons an, soweit sich das an vielen Stellen an den in ihnen enthaltenen Versteinerungen erkennen läßt. An manchen Fundorten tritt mit dem Roteisen auch Magneteseisenstein auf; nur zum Teil, wie z. B. am Spitzenberg bei Altenau im Oberharz oder wahrscheinlich auch bei Dillenburg in Nassau, ist dieser durch Kontaktmetamorphose aus dem Roteisenstein entstanden.

Die devonischen Eisensteinlager haben zwar für die deutsche Eisenproduktion nicht mehr ihre frühere Bedeutung, immerhin aber beziffert sich die aus ihnen in den verschiedensten Gegenden des norddeutschen Paläozoikums gewonnene Erzmenge noch auf Hunderttausende von Tonnen. Es wurden gefördert im Jahre 1901 im Bergrevier Weilburg 98460, Wetzlar 165300, Dillenburg 149500, am Büchenberg bei Elbingerode im Jahre 1903 2085 t Roteisenstein.

Man hat diese Eisensteine bisher ganz allgemein<sup>1)</sup> für metasomatische Lagerstätten gehalten und geglaubt, sie seien durch Lösungen von Eisenkarbonat entstanden, welche die Stringocephalen- und andere Kalke zunächst in Eisenoxydulkarbonat verwandelt hätten; letztere Verbindung sei unmittelbar darauf durch Aufnahme von Wasser und Sauerstoff zu Brauneisenstein und dieses endlich durch Wasserabgabe in Roteisenstein übergeführt worden. Man nahm dabei allgemein an, daß den Diabasen und Schalsteinen das zu dieser Metasomatose nötige Eisen entstamme, indem es bei der Verwitterung derselben in Lösung gehe und auf seiner Wanderschaft durch die benachbarten Kalksteine festgehalten werde.<sup>2)</sup>

Dieser Auffassung stellen sich aber verschiedene Bedenken in den Weg:

1. Müßten dann die begleitenden Schalsteine und Diabase stets eine tiefgreifende Zersetzung aufweisen, was keineswegs immer, ja in der Regel gar nicht der Fall ist. Nimmt man für die Eisenerze einen Gehalt von nur 40% Eisen an, so müßten unter der Annahme, daß Schalsteine und Diabase den sehr hohen und meistens nicht erreichten Eisengehalt von 10% besäßen, diese Gesteine in der Nähe der Eisenerze in viermal so großer Masse bis zur vollständigen Eisenabgabe und Bleichung zersetzt sein. Auch dann, wenn man annehmen dürfte, daß der Eisengehalt der Erze nicht dem unmittelbaren Nebengestein entstamme, sondern sich bei steiler Schichtenstellung in die Tiefe gezogen habe und aus Diabasen und Schalsteinen ausgelaugt worden sei, welche schon lange

<sup>1)</sup> Auch Stelzner hatte sie zu diesen gerechnet.

<sup>2)</sup> Diese Entstehungstheorie wurde zuerst von Bischof ausgesprochen.

der Erosion verfielen, während sich ihr Eisengehalt in den noch vorhandenen Erzlagern konzentrierte, müßte sich jene vollkommene Zersetzung wenigstens im Nebengestein der oft wenig geneigten oder fast horizontalen Lager nachweisen lassen, was aber auch nicht der Fall ist.

2. Wären die Lagerstätten metasomatische, dann müßten die Kalkschalen der in ihnen häufigen Trilobiten und Brachiopoden, die Crinoidenstielglieder, Korallen und Goniatiten gleichfalls in Roteisenstein umgewandelt sein. Das trifft aber durchaus nicht überall zu, wiewohl diese Umwandlung sogar angesichts der Tatsache erklärbar wäre, daß die Lagerstätten aus eisenhaltigen Lösungen als chemische Präzipitate entstanden sind. Vielmehr finden sich z. B. in den ober- und unterharzer Roteisensteinen zahllose völlig unveränderte Brachiopodenschalen, Korallen usw., und die Crinoidenstielglieder haben oft nur eine Imprägnation mit Roteisenstein längs der ursprünglichen Nahrungskanäle erfahren.

3. Müßten die Lagerstätten, wenn sie unter den normalen Druck- und Temperaturverhältnissen der Wasserzirkulation über dem Grundwasserspiegel entstanden wären, aus Brauneisenstein und nicht aus Roteisenerz oder gar Magneteisenstein bestehen (den chemischen Beweis siehe bei Harbort).

4. Beweisen manche Beispiele einer paläozoischen Kontaktmetamorphose, daß die Eisenerze schon in der Zeit des Oberdevons, bezw. des Oberkarbons als solche bestanden haben müssen.

Die jeweiligen Anschauungen über ihre Entstehungsweise könnten sich beim Betrieb gerade dieser Lagerstätten geltend machen. Wenn sich dieselben in junger Zeit über dem Grundwasserspiegel gebildet hätten, so würden Aufschlußarbeiten in größerer Teufe aussichtslos und zwecklos sein. Die Rentabilität eines Tiefbergbaues auf diese Vorkommnisse überhaupt vorausgesetzt, würde derselbe dagegen bei der Annahme einer echten Lagernatur der Erze auch noch in größerer Teufe mit guten Anbrüchen zu rechnen haben. \*

Im folgenden soll eine Reihe typischer Vorkommnisse dieser Roteisensteine kurz besprochen werden.

Die Eisenerzlager von **Brilon** an der preußisch-waldeckischen Grenze gehören dem oberen Mitteldevon an; sie bilden bis zu 20 m, zumeist aber nur einige Meter mächtige Mittel in innigstem Zusammenhang mit Stringocephalenkalk, in welchen sie manchmal nachgewiesenermaßen im Streichen und häufig im Fallen übergehen. An ihre Stelle tritt dann zunächst eisenschüssiger Kalkstein. Kalkstein und Eisenerz sind begleitet von Diabas und Schalsteinen. Das Liegende des oberen Mitteldevons bilden „Lenneschiefer“, die hier dem Calceolatorizont (unteres Mitteldevon) entsprechen; unmittelbar im Hangenden des eisensteinführenden Komplexes liegt die oberdevonische Intumescens-Stufe. Die wichtigste Grube bei Brilon war der Eisenberg; andere liegen im benachbarten Hoppeketal bei Rösenbeck und in der Gegend von Bredelar, östlich von Brilon. Doch gehören die Bredelarer Eisensteine wenigstens teilweise der Intumescens-Stufe an.

Die Briloner Eisenerze sind Roteisensteine; auf Klüften finden sich schöner Braunspat, Eisenglanz und Schwefelkies.

Südlich von Bredelar werden Eisenerze des oberen Mitteldevons (mit Goniatites [Maeneceras] terebratus) zu **Adorf** in Waldeck abgebaut. Besonders die Erze der Grube **Martenberg** sind reich an Drusen und Gängen mit z. T. schönen Kristallisationen von Eisenglanz, Quarz (z. T. Sternquarz), Schwerspat, Kalkspat, Braunspat, Dolomit, Kupferkies, Markasit usw.

Eine ganz besondere Bedeutung gewinnen die devonischen Roteisensteinvorkommnisse im Bergrevier **Wetzlar**; sie sind dort wohl auseinander zu halten

von den metasomatischen, dem Schalstein und Stringocephalenkalk aufgelagerten Brauneisenerz- und Manganzlagerstätten jungen Alters.

Ober- und mitteldevonische Diabase, Schalsteine und Kalke treten in einer mehrere Kilometer breiten, SW.—NO. streichenden Zone links und rechts der Lahn zutage und enthalten an zahlreichen Orten Roteisensteine, die freilich nur noch zum geringen Teile abgebaut werden, in früherer Zeit aber Gegenstand eines rührigen Bergbaues waren.

Im Mitteldevon liegen die auflässigen Gruben von Philippswonne, Würzburg, ferner die Abbaue Juno, Uranus und Amanda bei Nauborn, Martha bei Albshausen, Raab bei Wetzlar, Maria bei Leun, Ferdinand bei Oberndorf, Mangold bei Bonbaden, Eisenzug bei Philippsstein u. a.<sup>1)</sup> Die Mächtigkeit dieser Lager beträgt 1 bis über 10 m, im Mittel etwa 5 m, das Einfallen ist ein sehr wechselndes, gewöhnlich wenig steiles. Die Erze sind häufig stark kalkhaltig oder verkieselt. Wie W. Riemann<sup>2)</sup> betont, besteht kein Grund, an der alten Annahme, die Roteisensteinlager müßten nach der Teufe hin vertauben, festzuhalten; wiederholt haben Tiefbaue diese Ansicht widerlegt und manchmal gerade tief unter dem Grundwasserspiegel edle Erze erschlossen.

Die wichtigsten Lager sind auf der linken Lahnseite. Während die Eisensteine von der Grube Martha bei Albshausen und andere in der Gegend von Wetzlar ähnliche Verhältnisse zeigen wie diejenigen in der Gegend von Brilon und Adorf, stellen sich im Wetzlarer Revier teilweise ganz andere stratigraphische Verhältnisse ein, als sie sonst das obere Mitteldevon zu zeigen pflegt. Holzapfel hat dieselben eingehender erörtert.<sup>3)</sup> Es ist nämlich stellenweise die Stringocephalen-Stufe nicht als ein kalkiger Komplex, sondern als eine Folge von vorwaltenden Schiefen mit zwischengelagerten Knollenkalken entwickelt. Inmitten der Schiefer (Tentaculitenschiefer) spielen auch Kieselschiefer eine nicht unbedeutende Rolle. Das Eisensteinflöz liegt dann zwar auch im Niveau des Stringocephalenkalkes, wird aber vom Oberdevon durch eine oft recht mächtige Wechsellagerung von Ton- und Kieselschiefen getrennt. So zeigen die Gruben Amanda und Juno bei Nauborn nach Krahnann und Holzapfel folgende Lagerfolge vom Hangenden zum Liegenden:

I. Wetterschacht der Grube Amanda.	II. Bohrloch No. 6.
1. Lehm und Löß.	1. Lehm.
2. Tonschiefer . . . . . 15 m.	2. Gelber Tonschiefer . . . . . 10 m.
3. Blauer Kieselschiefer . . . . . 23 "	3. Sandiger Tonschiefer . . . . . 24 "
4. Schwarzer Kieselschiefer . . . . . 15 "	4. Blauer Kieselschiefer . . . . . 10 "
5. Kalk . . . . . 8 "	5. Schwarzer Kieselschiefer . . . . . 10 "
6. Eisensteinlager . . . . . 8 "	6. Tonschiefer . . . . . 5 "
7. Schalstein als Liegendes . 10—15 m.	7. Kalk . . . . . 2 "
Darunter Tonschiefer des unteren	8. Eisenstein . . . . . 1 "

Mitteldevons.

(Die Schichten liegen sehr flach.)

<sup>1)</sup> Holzapfel, Das obere Mitteldevon im rheinischen Gebirge.

<sup>2)</sup> Ztschr. f. prakt. Geol., 1894, 55—56.

<sup>3)</sup> l. c. 371 ff.

Die Unkenntnis dieser Verhältnisse erklärt es, daß man in früherer Zeit eine ganze Reihe von Roteisensteinlagern der Wetzlarer Gegend dem Oberdevon zurechnete. Im übrigen machen auch Lagerungsstörungen die wirkliche Schichtenfolge vielfach undeutlich.

Eines der wichtigeren Eisenerzlager der Wetzlarer Gegend baut mit Erfolg die Grube Raab ab. Das in den oberen Teufen 40—45°, in den tieferen Sohlen erheblich flacher (25—30°) südöstlich fallende Lager ist bis zu 50 m Teufe eine einheitliche, mehrere Meter mächtige Masse, teilt sich aber dann in zwei durch Schalstein getrennte Lager. Im Hangenden liegen Ton- und Kieselschiefer, im unmittelbaren Liegenden verwitterte Schalsteine. Während die oberen Teufen stark kieseliges Erz führten, sind gerade die tieferen Horizonte, 120 m unter der Stollensohle, durch edlen Roteisenstein ausgezeichnet.

In der Gegend von Haiger bei **Dillenburg** in Nassau gibt es zweierlei Eisensteinvorkommnisse: „das eine tritt stets in kleinen Nestern auf und liegt überall im Kontakte des Orthoklasporphyrs, seltener im Kontakte des Diabases mit kalkreichen Schalsteinen oder Kalken“ (Drevertmann), ein anderes wird z. B. abgebaut auf der Grube Constanze bei Langenaubach. Das Lager ist gebunden an Schalsteine und Diabase und liefert Flußeisenstein. Im gleichen Horizonte liegen die Roteisensteine von Oberscheld bei Dillenburg und wohl noch andere in dortiger Gegend (Donsbacher und Eibacher Lagerzug, der liegende und hangende Lagerzug der Eisernhand und der Offenbacher Lagerzug).

Die Schichtenfolge des eisensteinführenden Gebirges bei Dillenburg ist nach Lotz folgende:

Zwischen Donsbach und Haiger:		Bei Oberscheld:	
Oberdevon	}	Deckdiabas.	Deckdiabas.
		Cypridinenschiefer mit eingelagerten grobkörnigen Diabasen und Sandsteinbänken.	Unterer Clymenienkalk (nur stellenweise).
		Plattiger Kalk, nach oben mit Schieferzwischenlagen.	Adorfer Kalk, an zahlreichen Punkten mit Roteisenstein.
		Roteisenstein.	Roteisenstein.
Mitteldevon	}	Schalstein mit Diabasmandelsteinlaven.	Schalstein.
		Wissenbacher Schiefer mit Einlagerungen von quarzitischen Sandsteinen u. Diabasporyriten.	Wissenbacher Schiefer, hier nicht zu beobachten.

Der Roteisenstein liegt also als Grenzschiefer zwischen dem Mittel- und Oberdevon. Auf der Grube Königszug werden mächtige Magneteisenerze abgebaut, welche durch den Kontakt einer hangenden Diabasmasse aus Roteisenstein entstanden sind.

Die außerordentlich zahlreichen Eisensteinvorkommnisse des Bergreviers **Weilburg** gehören demselben Lagerstättenzuge an, in welchem auch die Roteisensteingruben der Wetzlarer Umgebung liegen. Auch im Weilburger Revier sind zweierlei Arten von Eisensteinlagern zu unterscheiden, nämlich 1. echte Einlagerungen im Schichtenverband des Devons und 2. metasomatische Auf-

lagerungen jüngerer Entstehung auf dem Ausgehenden von Schalsteinen und Kalken dieser Formation.

Die eigentliche stratigraphische Stellung der eingelagerten Roteisensteine scheint nicht ganz sicher zu sein. Die Ergebnisse der Untersuchungen Holzapfels über das Mitteldevon bei Wetzlar dürften auch hier anwendbar sein und auch die Weilburger Roteisensteine dem oberen Mitteldevon angehören.

Die meisten Lagerstätten haben Schalstein sowohl zum Liegenden wie zum Hangenden oder Schalstein zum Liegenden und Schiefer zum Hangenden; letzterer ist stellenweise Kieselschiefer. Die Mächtigkeit der Lager wechselt von der eines dünnen Besteges bis zu der von 2 m und geht sogar manchmal noch beträchtlich darüber hinaus; sie streichen, wie im Wetzlarer Gebiet, im allgemeinen von SW.—NO. und fallen ebenso wie dort ziemlich flach gegen SO. ein; Sattelbildungen und damit zusammenhängende Doppelungen sind nicht selten. Die Lager bilden langgestreckte, bis auf einige hundert Meter verfolgbare Linsen, wiederholen sich oft mehrfach, ja vielfach übereinander, wobei sie allerdings mitunter zur Mächtigkeit kaum fußdicker Lagen zusammenschumpfen.

Die Hauptmasse der Erze bildet der Roteisenstein samt Flußeisenstein; oft ist er stark verkieselt („rauh“), manchmal mit Tuffmaterial durchwachsen, wie er denn auch in Schalsteine ebenso wie in Kalksteine übergeht. Magnet-eisenstein kommt auch auf den Roteisengruben des Weilburger Revieres vor und ist dann z. B. in der Grube Wingertsberg wohl durch Kontaktmetamorphose seitens eines hangenden Diabases aus Roteisenstein entstanden (Lotz). Der die Lager begleitende Schalstein ist zuweilen in großer Mächtigkeit zu ockerigen oder eisenschüssigen, tonigen Massen umgewandelt.

Der Metallgehalt der Erze beträgt 40 bis über 50<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, derjenige der Flußeiseneisenerze etwa 35<sup>0</sup>/<sub>0</sub>. Der Phosphorsäuregehalt erreicht manchmal 1<sup>0</sup>/<sub>0</sub>.

Schwere eisenhaltige Schiefer spielen in gewissen Gegenden des **Fichtelgebirges** innerhalb des mittleren Devons eine große Rolle. Ihre Schwere rührt von massenhaften Beimengungen eisenhaltiger Mineralien her, nämlich von Eisenoxydulsilikaten, Roteisen, Eisenglanz und Magneteisen, so daß stellenweise sogar Eisenerze aus ihnen hervorgehen (Eisenberg, Nordeck). Ihre Entstehung hängt nach Gümbel mit der Bildung der mitteldevonischen Schalsteinschiefer zusammen. Eisenerze kommen im übrigen im Devon des Fichtelgebirges ganz analog denjenigen Nassaus vor. Meist sind es Brauneisenerze, lokal auch Roteisenerze und Eisenkiesel, z. T. direkt verknüpft mit Diabas und Schalsteinen, z. T. flözartig ausgebildete Roteisensteine, gebunden an kalkige Einschaltungen im Schalstein. Gümbel glaubt, daß dieselben im Zusammenhang mit den Eruptionen der Diabase entstanden seien, indem sich eisenhaltige Quellen auf den Meeresgrund ergossen.

In der Gegend von Steinbach am langen Bühl wurde längere Zeit Eisenstein auf den Gruben Bergmännisch Glückauf, Bau auf Gott und Vogelstrauß gewonnen. Das Erz („toniges“, kalkiges und kieseliges Roteisenerz und Brauneisenerz) findet sich auf der Grenze zwischen Diabas, Schalstein und Schiefer in stockförmigen Massen und geht in den Schalstein über. Es ist etwas magnetisch, 1—2,8 m mächtig und zeigt eine säulenförmige Absonderung, welche

Gümbel auf eine Kontaktwirkung des Diabases zurückführt. Bergmännisch Glütkauf stand 1732—1857, Bau auf Gott 1764—1808, Vogelstrauß 1840 im Abbau. Wegen Mangel an Absatz kamen die Gruben zum Erliegen.

Dem oberen Mitteldevon gehören die Roteisensteine des Ober- und Unterharzes an. Im **Oberharz** kommen sie in dem über 20 km langen „Diabazuge“ vor, der als eine wenige hundert Meter mächtige Zone von schuppenförmiger Tektonik, vielfach durchzogen von querschlägigen und streichenden Störungen, neben Diabasen und Schalsteinen auch ober- und mitteldevonische Schiefer und zahlreiche absätzigte Linsen von Roteisenstein umschließt. Dieser letztere ist zumeist sehr stark verkieselt und hat großenteils das Aussehen von Jaspis. Andererseits zeigt er Übergänge in Schalstein und Kalkstein. Eine große Anzahl von Pingen auf dem „Kehrzug“ bei Clausthal und in der Gegend von Buntenbock und Lerbach erinnert an einen ehemals lebhaften Bergbau, der in einigem Umfang bis in die achtziger Jahre des XIX. Jahrhunderts getrieben wurde. Zuletzt fand nur noch bei Lerbach Roteisensteingewinnung statt.

Am Spitzenberg, zwischen dem Oker- und Radautal, wurde vor wenig Jahrzehnten Magnet Eisenstein gebrochen. Die Lagerstätte liegt bereits im Kontakthof des Okergranits, wie sich aus der Metamorphose der begleitenden Schiefer erkennen läßt; der Magnet Eisenstein ist stellenweise durchwachsen mit Granat, und die in ihm auftretenden noch wohl erkennbaren Crinoidenstielglieder sind gleichfalls zum Teil in dieses Mineral umgewandelt. Das Erz wie das Nebengestein enthält Pyrit.

Zu Lerbach haben sich auf Klüften des Roteisensteins allerlei Selenerze, besonders der Lerbachit (Selenquecksilberblei) und der Clausthalit (PbSe) gefunden. Dieselben stehen mit der Roteisensteinbildung nicht im Zusammenhang, weshalb Selenquecksilber (Tiemannit) auch auf Trümmern in der Culmgrauwacke von Clausthal angetroffen worden ist. Auf verschiedenen Gruben findet sich Anthracit samt Kalkspat gangförmig im Eisenstein.

Nicht unbedeutende Massen mitteldevonischen Roteisensteins werden jetzt noch in der Gegend von **Elbingerode** im Unterharz abgebaut. Die wichtigste

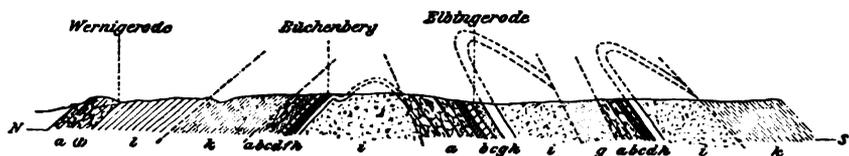


Fig. 58. Profil durch das Silur, Devon und Carbon des Unterharzes bei Elbingerode. (M. Koch, 1897.)

- |                       |                       |                         |
|-----------------------|-----------------------|-------------------------|
| a Culmgrauwacke,      | f Clymenienkalk,      | i Schalstein,           |
| b Posidonienschiefer, | g Iberger Kalk,       | k Oberer Wiederschiefer |
| c Kulmkieselschiefer, | h Stringocephalenkalk | und Hauptquarzit,       |
| d Cypridnenschiefer,  | mit Eisenerzlageren,  | l Obersilur.            |

Lagerstätte desselben ist dort diejenige am Büchenberg zwischen letzterem Orte und Wernigerode.

Das dortige Lager, dessen Abbau im großartigen Tagebau (z. B. in der „Blauen Pinge“) betrieben wird, erreicht 30 m Mächtigkeit und ist im Streichen etwa 4000 m weit verfolgbar.

Die tektonischen Verhältnisse des Büchenberges haben durch M. Koch eine völlige Umdeutung erfahren, worauf besonders hingewiesen werden muss, weil vor 1895 verschiedene Profile des Erzvorkommens veröffentlicht worden sind, die demnach nicht mehr zutreffen.

Im Gegensatz zu der früheren Auffassung hat M. Koch<sup>1)</sup> festgestellt, daß die Eisenerzlagerstätten am Büchenberg und am Hartenberg einerseits und am Lindenberg sich nicht um und Tönnichen andererseits dem nördlichen bzw. südlichen Flügel nicht einer Mulde, sondern eines Sattels angehören, dessen Schichtenfolge lautet:

Älterer Schalstein und Diabasmandelstein	}	Oberes
Keratophyr mit Tuffen und Tentakulitenschiefer		Mitteldevon.
Stringocephalenkalk mit den Eisenerzen		
Jüngerer Schalstein und Diabasmandelstein	}	Oberdevon.
Clymenienkalk		
Cypridinenschiefer		
Adinolen, Wetzschiefer und Kieselschiefer	}	Culm.
Posidonienschiefer		
Grauwacken		

Vorstehendes Profil (Fig. 53) erläutert das Weitere.

Das Elbingeroder Vorkommen ist, was das Verhalten des Erzes anlangt, ganz analog denjenigen in Nassau. Roteisenerz wiegt vor; Magneteisenerz bildet vereinzelt Partien, für deren Auftreten es keine erkennbare Regel oder Ursache gibt. Vielfach ist das Erz verkieselt, die Verkieselung aber eine unregelmäßige; es scheint indessen, als ob dort, wo das Erz besonders reich ist an Schwefelkies, welcher übrigens auch gangförmig in demselben auftritt, stets eine Verkieselung stattgefunden habe. Auch hier geht das Roteisenerz in Kalkstein über; in dem letzteren ist dann das Erz in Form von Flocken oder unregelmäßig umgrenzten Partien enthalten; eine Einwanderung desselben in das Gestein längs Spalten, wie es der Fall sein müßte, wenn die Lagerstätten metasomatisch wären, ist niemals zu beobachten. Das Erz umschließt Linsen und Lagen von Kalkstein, Tuffen und Schiefer und Diabasbänke und enthält viele für die Stringocephalenstufe charakteristische Versteinerungen, häufig mit ausgezeichnet erhaltener Kalkschale. Durch Verwitterung geht nicht nur der Roteisenstein in Brauneisenstein über, sondern auch der Schalstein ist im ausgehntesten Maße von einer solchen Umwandlung betroffen worden, durch welche er zu mulmigen, porösen, ockergelben Massen wird, in denen der Eisengehalt eine Anreicherung erfahren hat.<sup>2)</sup>

Eine große Zahl von Erzanalysen teilt Hauchecorne mit. Danach enthält das Roteisenerz etwa 50—57<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, der Magneteisenstein (wohl zumeist Gemische von Magnetit mit Roteisenerz) durchschnittlich ebensoviel Eisen und im Durchschnitt 0,5 bzw. 0,3<sup>0</sup>/<sub>0</sub> Phosphorsäure. In den Brauneisensteinen ist der Gehalt

<sup>1)</sup> Die neueren Ergebnisse der geologischen Forschung im Unterharz; Ztschr. d. Deutsch. Geol. Ges., XLIX, 1897, Verh. 8—19.

<sup>2)</sup> Petrographisches über das Büchenberger Roteisenerz siehe bei Harbort.

an letzterer erheblich höher und beträgt bis über 1<sup>0</sup>/<sub>0</sub>. Der Gehalt der Erze an Manganoxyd bleibt in der Regel beträchtlich unter dieser Höhe.

Ähnliche Lagerstätten wie am Büchenberg sind bei Hüttenrode im Bodetal.

Einen abweichenden Charakter hat der zeitweise im Wormketal, südwestlich von Elbingerode abgebaute „Keratophyreisenstein“. Ein in das mitteldevonische Schichtensystem eingelagerter Keratophyr (ein porphyrisches saures Gestein mit sehr reichlichem Natronplagioklas) ist dort so intensiv mit Roteisenerz imprägniert, daß er in einer Mächtigkeit von 8—10 m zu abbauwürdigem Erz geworden ist. Das Gestein zeigt noch sehr frische Plagioklase, die auf Rissen von Eisenglanz durchwachsen sind; letzterer scheint vor allem die Bisilikate ganz verdrängt zu haben. In dem vererzten Gestein liegen noch Reste des frischen Keratophyrs, so daß das Erz gefleckt aussieht (daher die Grube „Bunte Wormke“ heißt). Der Roteisenstein enthält 3—7<sup>0</sup>/<sub>0</sub> Alkalien, etwa 33<sup>0</sup>/<sub>0</sub> Kieselsäure und ungefähr 35<sup>0</sup>/<sub>0</sub> Eisen. Neben dem Keratophyreisenstein wurden besonders die Roteisenerze des Stringocephalenhorizonts im Wormketal abgebaut. Beide verdanken ihre Entstehung offenbar den Eruptionen.

Kretschmer hat die Aufmerksamkeit auf die neuerdings wieder erschlossenen Eisenerzlagerstätten des Devons in **Mähren** gelenkt, welche vor Jahrhunderten und teilweise bis in die 70er Jahre des XIX. Jahrhunderts abgebaut wurden, zuletzt aber auflässig gewesen sind. Auch sie sind gebunden an Kalksteine, Schalsteine und Diabase.

Entsprechend der allgemeinen Auffassung, wonach diese Art von Eisenerzlagerstätten metasomatische Bildungen sein sollen, haben Kretschmer und Pelikan eine solche Genesis auch für die mährischen Vorkommnisse angenommen. Da sie indessen viel Ähnlichkeit mit den oben besprochenen Lagerstätten des Harzes, Nassaus usw. haben, sollen sie gleichwohl einstweilen hier ihren Platz finden.

Das Devon nordöstlich der oberen March, im mährischen Gesenke und am südöstlichen Abfall der Sudeten und des Altvaters in österreichisch Schlesien beherbergt in drei verschiedenen Zonen Eisenerzlagerstätten; es seien nur die Orte Klein-Mohrau, Treublitz, Mähr. Neustadt, Römerstadt, Sternberg und Bennisch genannt.

Die Roteisenerze und die sehr häufigen Magneteisensteine sind oft so stark verkieselt, daß sie unbrauchbar werden; zutage sind sie zu Brauneisenerz verwittert.

Von den Vorkommnissen, welche Kretschmer eingehender beschrieben hat, seien einige erwähnt:

**Raudenberg.** Ein Magneteisensteinlager, gebunden an Diabasmandelstein, ist auf 180 m im Streichen bekannt und 1,9—5,7 m mächtig.

**Spachendorf-Raase.** Zwei Magneteisenerzlager. Das eine ist gleichfalls von Diabasmandelstein begleitet, mit welchem Kalksteine und Tonschiefer wechsellagern, die es umschließen. Im Streichen ist es auf etwa 190 m verfolgt, besteht aber aus verschiedenen „hintereinandergereihten Erzlinsen, welche ebenso rasch einsetzen, als wieder auskeilen“. Das andere liegt zwischen Mandel-

stein und „Grauwacken“. Der Magneteisenstein bildet zwei ziemlich gleich große, etwa 25 m lange und 4—5 m dicke Linsen. Das Erz enthält im Durchschnitt 18,7%  $\text{SiO}_2$ , 10,4%  $\text{CaO}$  und 48,8%  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  (= 35,5% Fe).

Bennisch. Hier kommen mehrere ganz ähnliche Lager vor; sie bestehen in den oberen Teufen aus Brauneisenerz und sind teilweise stark verkieselt. Ihre Mächtigkeit beträgt bis zu mehreren Metern. Die drei wichtigsten Vorkommnisse „werden im Liegenden von einer schwachen Bank leicht verwitterbaren Mergelschiefers begleitet, welcher seinerseits auf mächtigem Grauwackensandstein aufrucht; das Hangende der Erzlager bildet Diabasmandelstein mit Kalkstein in Bänken und linsenförmigen Lagern, weiterhin folgt darauf Grauwackensandstein“.

Der wichtigste Bergbau der Bennischer Gegend ist derjenige von Seidentorf. Das große Lager besteht aus vier in demselben Horizont liegenden Linsen von etwa 120, 30, 28 und 100 m streichenden Längen und Mächtigkeiten bis zu mehreren Metern. Sie fallen, wie die vorher genannten, ziemlich steil ein. Das Erz ist teils Magneteisenstein, der stellenweise in geringerer Mächtigkeit nur das Liegende des Lagers bildet, und Roteisenerz, letzteres zum Teil stark verkieselt. Die Magneteisensteine der Bennischer Gegend enthalten ziemlich viel Chlorit (Stilpnomelan).

Bezüglich der Entstehung der an Diabase und Schalsteine gebundenen Rot- und Magneteisenerzlager dürfte ein Zusammenhang zwischen den Erzen und Eruptivgesteinen unabweislich sein. Es sei daran erinnert, daß Sublimationen von Eisenglanz auf den Laven unserer jetzt tätigen Vulkane sehr weit verbreitet und daß dieselben auf die Exhalation von Eisenchlorid zurückzuführen sind. Daß auch die devonischen Eruptionen letztere Eisenverbindung förderten, daß dieselbe im Meerwasser gelöst wurde und aus diesem durch suspendierte Kalkpartikelchen oder durch gelöstes Calciumkarbonat als Eisenhydroxyd oder, bei den herrschenden physikalischen Verhältnissen (erhöhten Temperaturen und Drucken sowie bei der Anwesenheit von Salzlösungen), als Eisenoxyd ausgefällt wurde, ist die einfachste Annahme zur Erklärung des Vorgangs bei der Bildung dieser Lagerstätten.

Als eine echte schichtige Lagerstätte faßt Heim<sup>1)</sup> das merkwürdige Eisenerzvorkommen am **Gonzen bei Sargans** in St. Gallen auf. Es ist ein dichtes Rot- und Magneteisenerz ohne Andeutung oolithischer Struktur, eingelagert im mittleren Malm, während die übrigen (oolithischen) Eisenerzlager der Schweizer Juraformation der Parkinsoni-Stufe (oberer Dogger) angehören. Das Flöz ist 1—2 m mächtig und tritt innerhalb einer Fläche von 2—4 qkm als eine stellenweise Modifikation des gefalteten Malmkalkes auf. Derbes Roteisen oder das letztere in inniger Durchwachsung mit Kalkstein, auch derber, mitunter fast reiner Magnetit bilden die Eisenerze, welche überdies von Pyrit und manchmal von Manganerzen begleitet werden. Die letzteren kommen stellenweise in selb-

<sup>1)</sup> Über das Eisenerz am Gonzen, sein Alter und seine Lagerung; Vierteljahrsschr. d. naturf. Gesellsch. in Zürich, XLV, 1900. Geologische Nachlese No. 11; Ref. Ztschr. f. prakt. Geol., 1900, 342—344. — Wencelius, Eisen- und Manganerzgruben der Schweiz; Berg- u. Hüttenm. Ztg., LXII, 1903, 541—545, Lit.

ständigen, 4—5 Fuß mächtigen Lagern vor und sind wahrscheinlich jüngere Einwanderer. Jaspis, Ton, Quarz, Calcit, Baryt, Flußspat, Eisenglanz, Hausmannit und Manganspat sind mit einbrechende Begleiter, welche allerdings sehr an die Paragenesis der Manganerzgänge erinnern. Die über eine Gesamtfläche von 400—500 000 qm verteilten Erze berechnet Heim auf  $1\frac{1}{2}$  Millionen Tonnen. Der Eisengehalt des Lagers beträgt ungefähr 50—60 %.

Der Bergbau am Gonzen wurde schon zur Römerzeit betrieben und ruht jetzt seit 1878.

### Marine Sideritlager.

Der Siderit (Eisenspat, Spateisenstein,  $\text{FeCO}_3$ ) gehört an und für sich zu den ärmeren Eisenerzen, denn seine Zusammensetzung, 62 % FeO und 38 %  $\text{CO}_2$ , entspricht nur 48,2 % Eisen, während der Magnetit als reichstes Eisenerz 72 % Metall enthält. Wo billige Brennmaterialien vorhanden sind, läßt er sich aber durch Glühen unter Verlust des Kohlendioxyds in eine Oxyoxydulverbindung überführen, deren Zusammensetzung annähernd dem Magneteisen entspricht, und dadurch wird das Gewicht geringer, die Transportfähigkeit des Erzes größer. Ferner bewirkt schon die natürliche Verwitterung eine Überführung des Karbonats in Hydroxyde (Limonit, Turjit usw.) und eine Anreicherung des Metallgehaltes.

Der Siderit bildet das eisenreichste Endglied einer Reihe isomorpher Mischungen von Eisen-, Kalk-, Magnesia- und Mangankarbonaten, deren wichtigste folgende sind:

Mesitinspat, Pistomesit (Breunnerit),  $(\text{Mg, Fe})\text{CO}_3$ ,  
 Oligonspat,  $(\text{Fe, Mn})\text{CO}_3$ ,  
 Ankerit,  $(\text{Ca! Fe! Mg, Mn})\text{CO}_3$ .

Der auf Lagern und Gängen auftretende Siderit ist deshalb in der Regel durch Kalk und Magnesia und besonders gern auch durch Mangan verunreinigt.

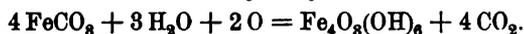
Derber, fast reiner Spateisenstein tritt stellenweise, wie z. B. in Steiermark und Niederösterreich, in fein- bis grobkörnigen, marmorartigen, mitunter ungeheuren Massen auf. Ist das Erz mit Ton verunreinigt, der dann bei der Behandlung desselben mit Säuren als schlammiger Rückstand hinterbleibt, so spricht man von Toneisensteinen oder Pelosiderit, auch wohl von Sphärosiderit.

\* Das Eisenoxydulkarbonat und die nachweislich aus ihm hervorgegangenen Eisenhydroxyde und Oxyde treten in zahlreichen schichtigen Gesteinen lagerförmig auf. Vor allem haben die Toneisensteine in Nieren und Flözen eine außerordentlich weite Verbreitung und sind zweifellos Sedimente. Der Auffassung gewisser Spateisensteinlager, und zwar gerade z. T. der großartigsten, als schichtige Lagerstätten sind aber von berufenen Kennern gewichtige Bedenken entgegengestellt worden. Dieselben betreffen solche Spateisensteinlager, welche an Kalksteine gebunden sind und innerhalb dieser eine so unregelmäßige Gestalt und Verteilung besitzen, daß eine sedimentäre Entstehung schwer zu begründen ist und der Gedanke an epigenetische und besonders eine metasomatische Bildung näher liegt. Derlei Lagerstätten weisen manchmal auch untergeordnete Bestandteile auf, welche man auf Spateisensteingängen vorfindet,

wie Sulfide, Schwerspat und Quarz, und die man unter allen Umständen als Immigranten zu betrachten hätte und auch als solche betrachtet hat. Die besonderen Umstände der Entstehung solcher epigenetischen Lager sind indessen auch noch nicht aufgeklärt.

Solche Sideritlagerstätten, welche mit mehr oder weniger Wahrscheinlichkeit als metasomatische betrachtet werden können (z. B. Hüttenberg in Kärnten, Bilbao, Rancié in den Pyrenäen), sollen später unter diesen besprochen werden.

Der derbe Spateisenstein wandelt sich bei Zutritt von Luft und Wasser leicht in Brauneisenerz und andere Hydroxyde um:



Sind die Spateisensteine, wie das häufig der Fall ist, an Kalksteine gebunden, so unterliegen diese der lösenden Einwirkung der frei werdenden Kohlensäure, und die Folge derselben ist die in der Nähe solcher umgewandelten Siderite häufig zu beobachtende Bildung von Höhlen und eine Umlagerung von Kalk (z. T. als Aragonit, Eisenblüte). Infolge der bezeichneten chemischen Vorgänge kann die Verwitterung eines Eisenoxydulkarbonat enthaltenden Kalksteines zur Bildung abbauwürdiger Lagerstätten von Eisenhydroxyden führen; eine Reihe der nachstehend beschriebenen Vorkommnisse, manche sogar von großen Dimensionen, scheinen auf solche Weise zu gewinnungswürdigen Lagerstätten geworden zu sein. Sie könnten als gute Beispiele für eine Metathese (s. S. 18) gelten und mit einigem Recht auch unter den metathetischen Lagerstätten besprochen werden. \*

Der frische Spateisenstein führt bei den österreichischen Bergleuten die Bezeichnung Flinz oder Weißerz. Mitunter haben die Spateisensteine einen merklichen Gehalt an Mangankarbonat, welches durch Verwitterung in Manganhydroxyd und -Superoxyd übergeführt wird. Die dadurch zunächst oberflächlich auftretende Färbung führt in Österreich zur Bezeichnung Blauerz.

Die Siderite sind als marine und lakustre (Süßwasser-) Ablagerungen bekannt, und zwar sowohl als fast reine Spateisensteine wie als Toneisensteine. Siderite beider Entstehungsweise haben technische Bedeutung erlangt. Zunächst sei nur von ersteren die Rede.

Die großartigsten Lagerstätten dieser Art bestehen aus derben Massen von Spateisenstein, der an Kalksteine von manchmal großer Mächtigkeit gebunden ist, diese vertritt und selbst schichtförmig in das Gebirge eingelagert ist. Er ist dann häufig von Tonschiefer begleitet. Durch allmähliche Verarmung kann der Spateisenstein in den Kalkstein übergehen (Verroh wandung). Es ist eine allgemein beobachtete, schwer zu erklärende Tatsache, daß diese geradezu gebirgsbildenden Eisenerze keine organischen Reste bergen; vielleicht besteht zwischen diesem Verhalten und der oft hochkristallinen Beschaffenheit der Erze ein Zusammenhang in der Richtung, daß die heutige Gesteinsstruktur der letzteren nicht die ursprüngliche ist.

Die frischen Spateisensteine dieser Art sind sozusagen phosphorfrei und häufig ziemlich manganhaltig; sie waren deshalb besonders früher gesuchte Eisenerze.

Die Toneisensteine, welche als Flöze und Nieren marinen Schichten in den verschiedensten Formationen eingelagert sind, sind allgemein gebunden an Schiefer tone und Tone. Sie sind häufig ganz besonders reich an Versteinerungen, mitunter der hauptsächlichste Fundort solcher und daher auch ziemlich phosphorhaltig.

Von hoher Bedeutung für die Eisenindustrie Ungarns sind die großen Eisensteinvorkommnisse von **Gyalár**<sup>1)</sup> in Siebenbürgen, nahe der ungarisch-siebenbürgischen und rumänischen Grenze im Hunyader Komitat. Sie liegen in der Nähe des Eisertorpasses in dem Gebirgsmassiv der Pojana ruska. Dasselbe besteht aus ziemlich steil einfallenden kristallinen Schiefern, in welche mächtige geschichtete Kalksteinmassen eingelagert sind. Zu beiden Seiten des Gebirgsabhanges treten diese letzteren in zusammenhängenden Zügen auf und umschließen die Lagerstätten.

Bei Gyalár sind die Eisenerze über eine Ausdehnung von  $1\frac{1}{2}$  Meilen verbreitet und am großartigsten bei diesem Dorfe selbst entwickelt. Dort kommen viele unregelmäßige, größere und kleinere Stücke von Brauneisenstein inmitten des feinkristallinischen Kalkes vor, und einzelne Bänke dieses letzteren sind selbst reich an kohlen saurem Eisenoxydul, denn sie werden bei der Verwitterung gelb und erinnern damit an die Rohwand des steirischen Erzbergs. Daß der Brauneisenstein aus armem Spateisenstein hervorgegangen ist, ergibt sich zunächst aus der Tatsache, daß dieses Erz sich stellenweise im Liegenden und im Fortstreichen des Brauneisensteins findet und in unveränderten Partien eingeschlossen in diesem letzteren vorkommt. Die Umwandlung des Karbonats in das Brauneisenerz ist nach Pošepný längs zahlreicher, das Gebirge durchsetzender Klüfte vor sich gegangen.

Die Brauneisenerzmassen erreichen die Dimensionen kolossaler, viele Meter im Durchmesser haltender Erzkörper, in welche schon zu Zeiten der Römer große Weitungsbaue getrieben worden sind. In den oberen Teufen herrscht das Brauneisen bei weitem vor, in den tiefsten Bauen hat man Spateisenstein in größerer Menge angefahren. Der großartige Betrieb spielt sich seit 1863 als Tagebau ab. Die Mächtigkeit der Eisenerze wird mit 30—45, ja sogar 160 m angegeben.

Über das eigentliche Wesen der Eisenerzlagerstätten von Gyalár herrscht noch keine völlige Klarheit. Sicher ist, daß das Brauneisenerz aus Eisenkarbonat

<sup>1)</sup> Hofmann, Über die Eisensteine von Ruszkberg; Brief an von Cotta. Gangstudien, II, 1852, 468—469. — von Cotta, Erzlagerstätten, II, 1861, 283—286. — Stur, Bericht über die geologische Übersichtsaufnahme des südwestlichen Siebenbürgen; Jahrb. k. k. geol. Reichs-Anst., XIII, 1863, 33—120, besond. 41—42. — v. Hauer, Analyse des Eisenerzes von Gyalár; ebenda XV, 1865, 172. — v. Winkler, Die Eisenerze bei Gyalár in Siebenbürgen; ebenda XVI, 1866, 143—148. — Pošepný, Über das Eisensteinvorkommen von Gyalár in Siebenbürgen; Verh. k. k. geol. Reichs-Anst., 1871, 39—40. — v. Kerpely, Die Eisenindustrie Ungarns zur Zeit der Landes-Ausstellung 1885. Budapest 1885. — Beyschlag, Das Montanwesen auf der Millenniums-Ausstellung zu Budapest; Ztschr. f. prakt. Geol., 1896, 461—466. — Baumgärtel, Der Erzberg bei Hüttenberg in Kärnten; Jahrb. k. k. geol. Reichs-Anst., LII, 1902, 243.

hervorgegangen ist. Im übrigen hat man dieses Vorkommen wohl auch mit demjenigen von Hüttenberg verglichen, und Baumgärtel ist geneigt, auch hier die Entstehung der Siderite mit dem Auftreten eines hälléfintaaähnlichen, aplitischen Gesteines, das er für ein echtes Eruptivgestein erklärt, in Zusammenhang zu bringen.

Bis auf weiteres möge die Lagerstätte zu den schichtigen gestellt werden.

Die Zusammensetzung der Erze verschiedener Abbauorte zeigen nachstehende Analysen:

Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	84,16	91,39	75,68	72,69	77,14
Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	0,20	0,34	4,58	7,82	1,89
SiO <sub>2</sub> . . . . .	3,72	1,99	3,21	2,08	7,01
CaO . . . . .	0,19	0,36	9,39	1,96	2,89
MgO . . . . .	Spur	0,33	0,39	—	—
CuO . . . . .	—	—	0,09	0,123	0,134
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	Spur	0,036	—	Spur	0,086
SO <sub>3</sub> . . . . .	—	0,032	—	Spur	Spur
Wasser und Verlust . .	10,88	4,97	12,06	8,3	9,4
Eisen . . . . .	59,4	63,93	52,97	50,89	54,00

Das gesamte staatliche Grubenfeld von Gyalár bedeckt ein Areal von etwa 1760 000 qm, und der Betrieb ist einer der größten Österreich-Ungarns. Die Gruben erzeugen jährlich über 200 000 t Erz, welche in den benachbarten Eisenwerken von Gavosdia und Vajda Hunyad verschmolzen und verarbeitet werden. Die Roheisenerzeugung daselbst beträgt um 85 000 t, der gesamte Betrieb beschäftigt an 2000 Arbeiter. Im Jahre 1885 nahm man auf Grund von Berechnungen an, daß der Erzberg von Gyalár mindestens hundert Jahre lang jährlich 150 000 t Eisenstein liefern könne.

Der erzführende Kalksteinzug von Gyalár findet nach Osten und Westen hin eine meilenweite Fortsetzung, einerseits nach Telek und Ploszka, anderseits bis Ruszkitza an der Banater Grenze. Zahlreich sind auf diesem Schichtenzuge die Brauneisensteinvorkommnisse, wie z. B. die recht bedeutenden von Ruszkitza, welche auch hier eine Entstehung aus Spateisenstein deutlich erkennen lassen und nach Hofmann Mächtigkeiten von 3—12 m erreichen. Die Produktion der letzteren Gruben beträgt nur etwa 7000 t, die von Telek 50—60 000 t Brauneisenstein.

Die kupfererzführenden Spateisensteinlagerstätten von Trgove in Kroatien und von Majdan in Bosnien, welche wohl auch als Lager bezeichnet worden sind, scheinen richtiger unter den Kupfererzergängen behandelt zu werden.

Im Silur der Normandie und der Bretagne kommen Flöze verschiedener Eisenerze (Spateisenstein, Roteisenerz, Glanzeisenerz, Magnetit und Limonit) vor. Sie werden bis zu 2 m mächtig. Die wichtigsten sind diejenigen von Saint-Rémy im Departement **Calvados**.<sup>1)</sup> Die Eisenerzproduktion des Departements hat 1901 etwa 170 000 t betragen, welche teilweise nach England und Deutschland exportiert wurden. Im übrigen ist über das eigentliche Wesen dieser Lagerstätten sehr wenig bekannt.

<sup>1)</sup> Fuchs et de Launay, Gites minéraux, I, 737—738.

Von hoher Bedeutung sind die Brauneisenerzlager, welche sich längs der **Appalachen** von Vermont bis Alabama im Osten der Vereinigten Staaten hinziehen und vorzugsweise in silurische und cambrische Schiefer eingebettet sind.<sup>1)</sup> Häufig sind sie gebunden an Kalksteine und durch Verwitterung aus eisenhaltigen Kalken, manchmal auch aus Spateisensteinen, stellenweise vielleicht auch aus pyrithaltigen Schiefen hervorgegangen, und sie enthalten dann auch mitunter noch frische Reste der primären Erze. Manchmal scheint es aber auch, als ob die begleitenden, sehr häufig talkigen Schiefer durch irgend einen Prozeß mit Brauneisen angereichert worden wären. Vielleicht entstammt das Eisen da und dort auch den Schiefen und ist durch die Kalksteine festgehalten worden. Jedenfalls sind die hier zusammenfassend besprochenen Eisenerze nicht ganz gleicher Natur und nach ihrer Entstehung noch nicht hinreichend genug bekannt.

Zu den bemerkenswertesten Vorkommnissen gehören diejenigen in den Counties Columbia und Dutchess im Staate New York.<sup>2)</sup> Sie liegen östlich des Hudsonflusses innerhalb einer 15—25 km breiten Zone, die von Fishkill im Süden bis zum Bennington County in Vermont hinstreicht. Die Erze sind bald ganz dicht, bald ockerig und liegen zwischen Kalkstein und Tonschiefern.

Der Bergbau reicht teilweise schon in das XVIII. Jahrhundert zurück und gehört zu den ältesten in den Vereinigten Staaten. Lewis zählt im Gebiet des östlichen Hudsonufers allein über vierzig Gruben auf.

In verschiedenen Horizonten des Cambriums und Silurs finden sich solche Erzlagerstätten ferner im östlichen Pennsylvanien und in den Counties Carroll und Frederick in Maryland, wo sie nur wenig abgebaut werden, und weiter in Virginia und Tennessee. Die Erze haben dort in den Tälern eine Anreicherung erfahren, wenn der Boden der letzteren gebildet wird von Tonschiefern und Kalksteinen des Silurs, aus denen das Brauneisenerz auswitterte. Durch Georgia und Carolina streicht der Lagerstättenzug weiter nach Alabama, wo diese Eisenerze eine so hohe Entwicklung erreicht haben, daß sie neben den Clintonerzen den Bedarf der dortigen Eisenindustrie decken.

Die Hauptmasse der in Alabama<sup>3)</sup> geförderten Brauneisenerze und zugleich das beste Brauneisenerz ist gebunden an den kieseligen Knox-Dolomit und die „Chert-Group“ des Obersilurs und wird begleitet von Beauxit. Im Jahre 1896 hatte man einzelne dieser Vorkommnisse schon bis zu Tiefen von etwa 30 m verfolgt und immer noch gutes Erz gefunden.

Der Blue Ridge, der östliche Zug des Alleghany-Gebirges, besteht aus kristallinem Gestein; darüber folgen Schiefer, Konglomerate und Sandsteine mit Quarziten (Potsdamsandstein). Über diesen liegen mächtige Ablagerungen von Ton und teilweise zersetzten Tonschiefern, welche ihrerseits von Kalksteinen des Silurs überlagert werden. In den weichen Tonen hat die Erosion eine dem

<sup>1)</sup> Siehe eine Zusammenstellung der teilweise schwer zugänglichen Literatur in Kemp, Ore deposits, 1900, 100—105.

<sup>2)</sup> Lewis, The hematite ore mines and blast furnaces east of the Hudson River; Transact. Am. Inst. Min. Eng., V, 1876, 216—235.

<sup>3)</sup> Mc. Calley, The limonites of Alabama geologically considered; Eng. Min. Journ., XLIII, 1896, 583—584.

Kettengebirge parallele, bis nach Alabama verfolgbare Rinne, das „Great Valley“, erzeugt, welche ausgezeichnet ist durch zahllose Brauneisenerzlager. Sie sind verbreitet über eine Längenerstreckung von etwa 250 km und zumeist gebunden an die Tone im Hangenden des Quarzits.<sup>1)</sup> Sie scheinen für diesen Horizont geradezu charakteristisch zu sein. Stellenweise werden sie bis zu 15 m mächtig und enthalten durchschnittlich 40—45 % Eisen bei recht schwankenden Gehalten an Phosphor und Mangan.

Nach den vorliegenden Schilderungen vereinigen diese Brauneisensteinvorkommnisse der Appalachen die Charaktere der schichtigen, metasomatischen und eluvialen Lagerstätten. Sie sind anderer Entstehung als die besonders in Tennessee abgebauten Brauneisensteine im eisernen Hut der dortigen Pyritlager und haben, weil sie wohl in sehr vielen Fällen aus Eisenkarbonat hervorgegangen sind, hier ihre Stelle gefunden.

In den vorzugsweise aus Devon bestehenden westlichen Bergketten des Süd-Ural, in einiger Entfernung von der Bahn Ufa-Slatoust, liegen die mächtigen Spateisensteinlager des Irkuskan, der Bulandika und Schuida, welche die großartigen Eisenhütten von Simsk, Kataw, Jurjusan und Slatinsk versorgen und, obwohl sie bereits anderthalb Jahrhunderte in Betrieb stehen, immer noch durch Tagebau ausgebeutet werden können; man faßt sie unter der Bezeichnung „Minen von Bakal“ zusammen. In der Umgebung derselben ist nachstehende Schichtenfolge des Unterdevons zu beobachten:<sup>2)</sup>

#### Hangendes.

- a) Quarzite und Sandsteine, welche die Gebirgskämme bilden.
- b) Verschiedenfarbige (hell- oder gelblich-graue, grünliche oder rötliche) sericitische Schiefer, welche Lager von grauen, dolomitischen, oft sehr mächtigen Kalksteinen umschließen.
- c) Quarzit- und Sericitschiefer, graue und schwarze Dolomite und Ton-schiefer, das Liegende der Erzlagerstätten von Bakal bildend.

#### Liegendes.

Die Eisenerzlager bestehen aus Spateisenstein, der zutage größtenteils in Turjit<sup>3)</sup> und Brauneisenerz, letzteres teilweise als Glaskopf, umgewandelt ist; diese sekundären Produkte enthalten etwas Albit, Quarzkörner, Schwespat, Kupferkies, Pyrit und Eisenglanz. Das Erz ist ausschließlich an die Kalklager gebunden, in welche es durch Ankerit übergeht. Es bildet Lager von manchmal 40 und mehr Meter Mächtigkeit, außerdem auch untergeordnete Linsen. Der Übergang in den dolomitischen Kalk ist schrittweise zu beobachten, und es unterliegt keinem Zweifel, daß die Erze ursprünglich ganz aus Karbonat be-

<sup>1)</sup> Catlett, Iron ores of the Potsdam formation in the Valley of Virginia; *Transact. Am. Inst. Min. Eng.*, XXIX, 1899, 308—317.

<sup>2)</sup> Guide des excursions du VII. Congrès géologique international, 1897, Heft III (Tschernyschew), 28—32.

<sup>3)</sup> Daß das sog. Roteisenerz, wie wohl auch in vielen anderen Fällen, hier das Eisenhydroxyd  $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  ist, hat Samojloff nachgewiesen. (Turjit und die ihn begleitenden Mineralien aus Uspenskij-Grube (Süd-Ural); *Bull. des Natur. de Moscou*, 1899, 142—156. — Die Turjiterze Rußlands; *Ztschr. f. prakt. Geol.*, XI, 1903, 301—302.)

standen haben, denn der Bergbau zeigt, daß sich solches mit der Tiefe mehr und mehr einstellt und der Turjit und das Brauneisen nur Umwandlungsprodukte sind. Das Erz ist phosphorfrei.

Gänge von Diabas sollen die Lagerstätte und ihr Nebengestein durchbrechen.<sup>1)</sup>

Die gesamte Produktion der Bakal-Minen beträgt jährlich 100000 t; der Mangel an Kohle und der sehr weite Transport nach der nächsten Hütte, der nur im Winter auf Schlitten erfolgen kann, sind einer ausgiebigeren Ausbeutung der großartigen Lager hinderlich.

Die Spateisensteinlager der Ostalpen.<sup>2)</sup> Das Rückgrat der Ostalpen sind hauptsächlich Granit und Schiefer, denen im Norden und Süden die aus meist triasischen Gebilden bestehenden Kalkalpen vorgelagert sind. Zwischen diesen und jenen liegt ein ausgedehntes Schichtensystem, das sich im Liegenden allmählich aus den Schiefeln entwickelt, im Hangenden aus Tonschiefern, chloritischen und Talk-Schiefern, Grauwackensandstein, Kalksteinen und Dolomiten besteht, welche letztere z. T. als Rauchwacken ausgebildet sind. Man ist lange unklar gewesen über die stratigraphische Stellung dieser Schichten, bis Funde vereinzelter Orthoceratiten, Graptolithen, Brachiopoden und Pflanzenreste zeigten, daß in ihnen Silur, Devon, Carbon und Perm vertreten sind.

In den paläozoischen Schichten der Nordalpen liegt eine stetig entwickelte Zone von zahlreichen und mächtigen Spateisensteinlagern. Sie bilden mit einigen Unterbrechungen einen über 45 Meilen langen OW. gerichteten Lagerzug, der vielfach durch Bergbaue erschlossen und durch Hüttenanlagen gekennzeichnet ist. Er beginnt zu Reichenau in Niederösterreich und streicht über Neuberg, Veitsch, Eisenerz, Admont, Lietzen in Steiermark, Werfen, Flachau, Dienten in Salzburg bis Pillersee und Schwaz in Tirol. Entweder sind es große, mehr oder weniger regelmäßige, zum Teil stock- oder linsenförmig gestaltete Massen in Schiefeln, dem Streichen und Fallen der letzteren parallel, oder, und das vor allen Dingen, sie sind geknüpft an paläozoische Kalksteine, überlagert von den

<sup>1)</sup> Eine Diabasplatte, welche ich in der Irkuskan-Lagerstätte beobachtete, war ganz nach Art einer Decke, nicht eines Ganges, zwischen Tonschiefer und das Eisenerz eingeschaltet. Bergeat.

<sup>2)</sup> von Ferro, Die Innerberger Hauptgewerkschaft; Tunnors Jahrb. f. d. österr. Berg- u. Hüttenm., III, 1845, 197; zitiert von Vacek. — Lipold, Die Grauwackenformation und die Eisensteinvorkommen im Kronlande Salzburg; Jahrb. k. k. geol. Reichs-Anst., V, 1854, 369—386. — von Schoupe, Geognostische Bemerkungen über den Erzberg bei Eisenerz und dessen Umgebungen; ebenda 396—406. — von Cotta, Erzlagerstätten, 1861, II, 351—363, Lit. — Miller von Hauenfels, Die steiermärkischen Bergbaue; aus: Ein treues Bild des Herzogtums Steiermark, 1859. — Ders., in Tunnors Jahrb., VII, 233. — Wysoky, Zur Urgeschichte des Erzberges bei Eisenerz in Steiermark; Österr. Ztschr. f. Berg- u. Hüttenw., X, 1862, 321—326. — von Hauer, Die Eisenstein-Lagerstätten der Steyerischen Eisen-Industriegesellschaft bei Eisenerz; Jahrb. k. k. geol. Reichs-Anst., XXII, 1872, 27—34. — Ders., Die Geologie der österr.-ung. Monarchie, 1878, 249—252. — A. R. Schmidt, Struktur der Spateisenstein-Lagerstätten bei Neuberg; Österr. Ztschr. f. Berg- u. Hüttenw., XXVIII, 1880, 480—481. — Stur, Vorkommen oberilurischer Petrefakte am Erzberg und in dessen Umgebung bei Eisenerz

gipsführenden Werfener Sandsteinen und Schiefern, welche dem Buntsandstein entsprechen. Es sind nicht nur die wichtigsten Eisenerzlagerstätten der Alpen, sondern ganz Österreichs.

Haupterz ist der kristallinisch-körnige Spateisenstein (Flinz oder Pflinz). Stets ist derselbe begleitet von lichten Kalksteinen und durch verschiedenartige Zwischenstufen (Ankerit usw.) mit ihnen verbunden („Verroh-wandung“). Durch Verwitterung von Tag herein gehen die Erze in Brauneisenstein („Braunerze“) oder, wenn sie etwas Mangan enthalten, in „Blauerze“ über. Dabei bildet sich Aragonit („Eisenblüte“). Unter „Kernflinzen“ versteht man Stücke von Spateisenstein, welche von Klüften aus bis auf einen inneliegenden frischen Kern in Brauneisen umgewandelt sind.

Ihre mächtigste Entwicklung erreichen die alpinen Spateisensteinlager bei **Eisenerz** in Steiermark, am „Vordernberger und Innerberger Erzberg“. Sie sind der „größte bergmännische Schatz der österreichischen Alpen“ (v. Hauer). Südlich von der Stadt Eisenerz erhebt sich der 1537 m hohe Erzberg 690 m hoch über das Eisenerzer Tal. Auf der NW.-Seite besteht er vom Gipfel bis fast zum Fuße beinahe ganz aus mehr oder weniger reinem, kristallinischem Spateisenstein. Die ganze Oberfläche des Berges ist durchwühlt von Tagebauen und unterirdischen Abbauen. Das Erz wird jetzt nur im Tagebau auf nicht weniger als 50 Etagen gewonnen. Der Berg besteht indessen nur scheinbar ganz aus Eisenstein; in Wirklichkeit treten hier die Erze in einem ausgedehnten, frei zutage liegenden Lager auf, dessen Mächtigkeit an einzelnen Stellen 125 m, im Durchschnitt 60 m erreicht und auf mehr als 1000 m in Streichen bekannt ist. Nur ein Teil dieses Lagers, und zwar immerhin die Hauptmasse, ist derbes Erz, vielfach stößt man aber auch auf unschmelzwürdige, taube Zonen.

Die liegendsten Schichten des Erzberges sind die „Eisenerzer Grauwacken“, ein körniges, lauchgrünes, viel Quarz und Feldspat enthaltendes Gestein von klastischem Aussehen. Darüber folgt der Grauwackenkalkstein; er ist grau, rötlich, braunrötlich oder violett, durch Tonschieferzwischenlagen

in Steiermark; Jahrb. k. k. geol. Reichs.-Anst., XV, 1865, 267—277. — Stache, Über die Silurbildungen der Ostalpen mit Bemerkungen über die Devon-, Carbon- und Perm-Schichten dieses Gebiets; Ztschr. d. d. geol. Ges., XXXVI, 1884, 277—378, bes. 287 u. 352—378. — Die in den beiden vorhergehenden Arbeiten gewonnenen stratigraphischen Ergebnisse wurden modifiziert durch Vacek, Über den geologischen Bau der Centralalpen zwischen Enns und Mur; Verh. k. k. geol. Reichs.-Anst., 1886, 71—83. — Ders., Über die geologischen Verhältnisse des Flussgebietes der unteren Mürz; ebenda 455—464. Ders., Über die geologischen Verhältnisse des Semmeringgebietes; ebenda 1888, 60—71. Behandelt die Stratigraphie der niederösterreichischen Spatheisensteinlager in der Gegend der Raxalpe bei Reichenau. — Ders., Skizze eines geologischen Profils durch den steirischen Erzberg; Jahrb. k. k. geol. Reichs.-Anst., L, 1900, 23—32. — von Foullon, Über die Grauwacke von Eisenerz. Der „Blasseneck-Gneiss“; Verh. k. k. geol. Reichs.-Anst., 1886, 83—88. — Vacek und Sedlaczek, Der steirische Erzberg. Führer für die geologischen Excursionen in Österreich gelegentlich des IX. Intern. Geologen-Congresses, 1903, Heft V. — Taffanel, Le gisement de fer spathique de l'Erzberg; Ann. d. Mines, (10), IV, 1903, 24—48. — Siehe ferner Jugoviz, Illustrierter Führer auf der Bahnlinie Eisenerz-Vordernberg. Wien 1894.

verunreinigt, durch Glimmer häufig faserig, manchmal graphitisch. Er ist stellenweise stark eisenhaltig („rohwändig“) und führt selbst Spateisensteinlager (älteres erzführendes System). Nach seiner Versteinerungsführung gehört er dem unteren Devon an (er enthält charakteristische Trilobiten). Diskordant auf diesem Kalkstein ruhen nach Vacek bunte Tonschiefer („Grenzschiefer“) und diskordant über ihnen die „Eisensteinformation“ (jüngeres erzführendes System). Da diese letztere im allgemeinen und in verschiedenen Gebieten eng gebunden ist an die sie diskordant überlagernde unterste Trias und im alpinen Karbon und Oberdevon analoge Eisensteinvorkommnisse nicht bekannt sind, so glaubt Vacek den Spateisensteinen allgemein permisches Alter zuschreiben zu sollen.<sup>1)</sup>

Über der Eisenerzformation folgen zunächst Konglomerate und Breccien und darüber grüne und

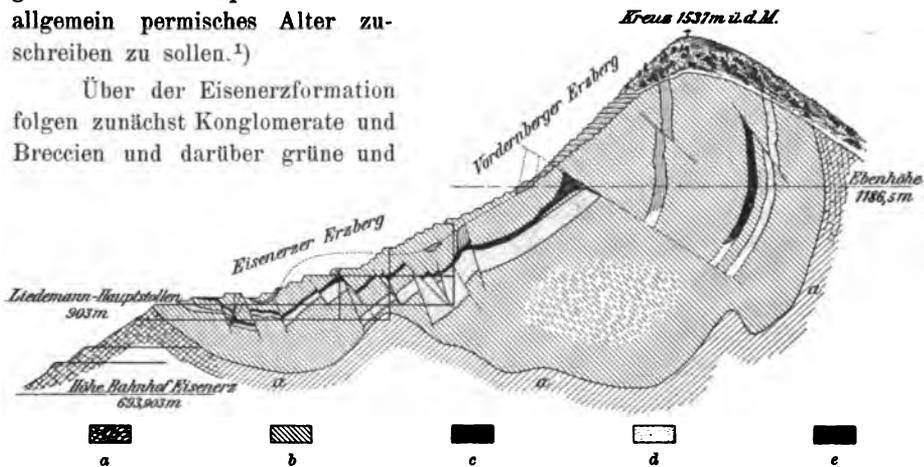


Fig. 54. Profil durch den steirischen Erzberg nach  $8^{\circ} 10'$ ; das Lager streicht N—S. (Nach den Aufnahmen der Bergdirektion, 1903.) a Blasseneck-Gneis, Eisenerz Grauwacke; b Spateisenstein; c Tonschiefer; d Sauburger Kalk; e Kogler Kalk. Nur an der Ebenehöhe und am Liedemann-Hauptstollen ist die Schichtung des Blasseneck-Gneises angedeutet. Maßstab 1:18000.

rote tonige Sandsteine mit Gipseinlagerungen, die Werfener Schichten der unteren alpinen Trias.

Es darf nicht übergangen werden, daß Vaceks Auffassung der stratigraphischen Verhältnisse des Erzberges seitens anderer Geologen Einsprüche erfährt, wie sie neuerdings auch in einem Aufsatz Taffanels zum Ausdruck gekommen sind. Dieser mißt den Tonschiefern und Kalkbänken, welche das untere und obere erzführende System Vaceks trennen sollen, nur eine lokale Bedeutung bei und möchte letztere beide als einheitliche Erzformation dem unteren Devon zuweisen. Das widerspricht auch dem vorstehenden Profile nicht.

Soviel das enorme Eisenerzlager des Erzberges noch in genetischer Beziehung zu denken geben mag, so dürfte doch eine sedimentäre Entstehung des-

<sup>1)</sup> Es sei ausdrücklich auf das von Vacek entworfene Profil des Erzberges verwiesen. Die in Fig. 54 wiedergegebene Zeichnung, welche ich der Liebenswürdigkeit des Herrn Direktors Sedlacek verdanke, ist objektiv auf Grund der Aufschlüsse entworfen worden. Bergeat.

selben, die zuerst von Schouppe behauptet worden ist, am wahrscheinlichsten sein, wenn man zugleich annimmt, daß das gegenwärtige petrographische Gepräge des Lagers innerhalb des stark metamorphisierten Gebirges nicht mehr das ursprüngliche ist. Von manchen Seiten wird eine metasomatische Entstehung der Spateisensteine behauptet, indem man annimmt, daß Eisensalzlösungen gewaltige Kalkmassen verdrängt haben.<sup>1)</sup> Der ungleichmäßige Eisengehalt des Erzes, die Rohwände und der stellenweise Übergang der Kalkbänke in Eisenstein sind an und für sich dieser Auffassung nicht ungünstig. Man hat aber bisher nirgends die Gangspalten nachgewiesen, welche die massenhaften Eisenslösungen emporgebracht haben könnten, und auch die sehr große Reinheit des Eisensteines, der fast gänzliche Mangel an Sulfiden, Schwerspat usw., die sonst auf epigenetischen Spateisensteinlagern einzubrechen pflegen, und das Fehlen von allen typischen Erscheinungen, die sonst an eine Metasomatose erinnern könnten, (z. B. Durchtrümmung der Kalksteinbänke mit Erz) mahnen einer solchen Hypothese gegenüber zur Zurückhaltung.

Bis zum Jahre 1890 arbeiteten am Erzberg zwei Bergbauvereinigungen, bei Eisenerz die Innerberger (seit 1881 in die Österreichisch-Alpine Montangesellschaft aufgegangen) und am oberen Teil des Berges die Vordernberger Gewerkschaft. Beide sind jetzt in die Österreichisch-Alpine Montangesellschaft verschmolzen. Die Eisenerzmasse des Berges wird bei mäßiger Schätzung auf weit über 200 Millionen Tonnen berechnet; sie würde, wenn die Produktion ihre heutige Höhe innehielte, auf mindestens 200 Jahre reichen.

Der rohe Eisenstein enthält 38—40, der geröstete bis 52 % Eisen. Die Erzproduktion hat sich seit dem Jahre 1891 fast verdoppelt; sie betrug:

	Innerberg	Vordernberg	Zusammen
	t	t	t
1891 . . . .	615610	57180	672790
1901 . . . .	1051960	150920	1202880
1902 . . . .	907850	164430	1072280

Im Jahre 1862 hatte sie kaum 130000 t betragen. Jetzt macht sie 61,5 % der gesamten Eisenerzförderung Österreichs aus.

Der Bergbau beschäftigt zeitweise über 3000 Arbeiter.

Die Eisenerzlager von Kärnten und Steiermark sind schon im Altertum bekannt, das dortige Eisen berüht gewesen, denn das „aes noricum“ wird von verschiedenen alten Schriftstellern erwähnt. Die erste Erwähnung des Eisenerzer Erzberges geschieht seitdem nach Wysoky im Jahr 1164. Man hat früher nur das Braun- und Blauerz gegraben.

Nachstehend folgen Analysen der Eisenerzer Erze.

<sup>1)</sup> Siehe Taffanel, 47—48. Danach hält H. Höfer das Eisenerzer Lager für zweifellos metasomatisch. Derselben Meinung ist auch Redlich, Über das Alter und die Entstehung einiger Erz- und Magnesitlagerstätten der steirischen Alpen; Jahrb. k. k. geol. Reichs-Anst., LIII, 1903, 290—291.

	I. Rohe Erze	II. Geröstetes Erz
FeO . . . . .	34,97	2,00
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	16,75	67,78
M <sub>3</sub> O <sub>4</sub> . . . . .	2,98	3,86
Cu . . . . .	Spur	ger. Spur
SiO <sub>2</sub> . . . . .	8,20	7,05
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	2,09	1,79
CaO . . . . .	3,06	7,15
MgO . . . . .	2,92	2,90
CO <sub>2</sub> . . . . .	27,60	5,85
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0,04	0,057
SO <sub>3</sub> . . . . .	Spur	0,110
H <sub>2</sub> O . . . . .	1,40	1,75
	<hr/>	<hr/>
	100,01	100,30
Fe . . . . .	38,93	49,00
Mn . . . . .	2,15	2,78
P . . . . .	0,02	0,025
S . . . . .	Spur	0,044

Genau westlich vom Erzberg und von diesem etwa  $5\frac{1}{3}$  km entfernt liegen die von v. Hauer beschriebenen Eisenerzlagerstätten der Donnersalpe. Auch hier ruhen die Eisensteine, Kalke und Ankerite zwischen der „Grauwacke“ und den Werfener Schichten und bilden nach v. Hauer und v. Schouppe die durch die Erosion des Eisenerzer Erzbachs unterbrochene streichende Fortsetzung des Erzbergglagers. Das Auftreten von Spateisenstein, Brauneisenerz und Kalkstein ist ein ähnliches wie dort.

Nach Vacek läßt sich der nordsteirische Eisensteinzug in zwei Abschnitte gliedern, einen westlichen, der von Admont her über Johnsbach, Radmer, Eisenerz bis ins obere Tragöß und das Aflenzner Becken zu verfolgen ist, und einen östlichen mit den Vorkommnissen Gollrad, Feistereck, Kreith, Rothsohl, der Veitsch, Debrin, Rettenbach, Neuberg, Lichtenbach, Bohnkogel und Altenberg. Zu Gollrad und Altenberg sind wichtigere Eisensteingruben. Weitere, etwas abseits liegende Punkte sind Niederalpel und Eibelkogel.

Im westlichen Teil des Eisensteinzuges sind die Erze gebunden an vorwiegende sericitische Schiefer, welche dem Unterdevon oder dem Gneis diskordant (nach Vacek) aufruhren, während die gleichen Schiefer am Erzberg zu Eisenerz nur eine untergeordnete Rolle an der Basis der Eisensteinformation spielen. Dasselbe gilt für die Vorkommnisse östlich von Eisenerz.

Die Eisenerzlager in Salzburg hat Lipold genauer beschrieben. Sie liegen in graphitischen Tonschiefern, in schieferigen „Grauwacken“ inmitten der „Grauwackenformation“, welche von Hüttau und Flachau östlich der Salzach über Bischofshofen und St. Johann bis an die Tiroler Grenze bei Pillnersee streicht. Die ganze Formation bildet auch hier das Liegende der diskordant dazu gelagerten Werfener Schichten und zeigt ein nördliches Einfallen. Die Eisensteinlager sind eisenreiche Kalksteine oder Dolomite; der Eisengehalt ist meistens ein so geringer, daß man das Erz nicht als Spateisenstein bezeichnen darf. Auch ihre Mächtigkeit ist keine große. Die rasch sich auskeilenden Linsen erreichen selten eine Dicke von mehreren Metern und meist nur Ausdehnungen von 40 bis 100 m. Allerdings liegen die Linsen manchmal zu mehreren neben- und übereinander; sie sind noch in der zweiten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts abgebaut worden. Die Hauptvorkommnisse sind diejenigen im Dientener Graben

am Hochfilzen, auf der Sommerhalde und am Kollmannsegg bei Dienten, bei Leogang, am Getschenberg bei Bischofshofen, im Reinbachgraben bei St. Johann, in der Gegend von Flachau u. a. <sup>1)</sup>

Am nördlichen Abhang des Kellerjochs im Inntal, gegenüber **Jenbach**, wird ein Spateisensteinlager in Schiefen abgebaut, welches stellenweise eine Mächtigkeit von 4 m erreicht. Das Erz wird zeitweilig in dem Jenbacher Eisenwerk verhüttet.

In der Gegend von Werfen liegen mächtigere Eisenerzmassen über bunten quarzigen Schiefen und unter dem untertriasischen Guttensteiner Kalk. Das Erz ist brauner Glaskopf und ockeriger Brauneisenstein, der in inniger Verbindung mit brecciös zertrümmertem Dolomit und mit Rauchwacken vorkommt und wie dieser von Aragonit durchadert ist. Die vielfach gebogenen und verdrückten Massen erreichen Mächtigkeiten bis zu 40 m. Diese Eisensteine wurden abgebaut am Moosberg, am Flachenberg, im Schäfferötz und Windingsberg bei Werfen u. a. O. Sie gehören der unteren Trias an. <sup>2)</sup>

Im Perm und vorzugsweise in den Schiefen der unteren Trias („Servino“) der **lombardischen Alpen** liegen Sideritbänke, welche für die lombardische Eisenindustrie von ganz besonderer Bedeutung geworden sind. Die bedeutendsten derartigen Lagerstätten sind im Val Trompia bei Brescia und im Val di Seriana und Val di Scalve bei Bergamo bekannt. In ersterem Tal kennt man mindestens 6, im zweiten Gebiete mindestens 5 solcher Lager mit einer Gesamtmächtigkeit von 6—8 m.

Die Mächtigkeit der einzelnen, manchmal durch Schiefermaterial verunreinigten Bänke schwankt zwischen 1,20 und 1,80 m. Auch hier ist stellenweise ein langsamer Übergang zwischen dem Siderit und taubem Kalkstein zu beobachten. Man bezeichnet die in Brauneisenerz umgewandelten Erze als minerali dolci oder morelli, die frischen Siderite als minerali duri, bianchi oder als vena bianca. Die Eisenerze liegen konkordant zwischen den Schichten und lassen sich über 30 km weit ununterbrochen verfolgen. Der Mangengehalt derselben erreicht einige Prozent.

Die lombardische Eisenindustrie stand in früheren Zeiten in hohem Rufe und reicht bis in das Altertum zurück, wo man die verwitterten Erze bevorzugte; Bergamo und Brescia waren die Zentren derselben. Mangels billiger Kohlen hat die lombardische Eisenindustrie lange Zeit danieder gelegen und nimmt erst seit den letzten Jahren wieder einigen Aufschwung; im Jahre 1900 haben die Provinzen Bergamo, Brescia und Como etwa 15 000 t Eisenerze produziert.

Bei **Vareš** in Bosnien sind verschiedene großartige Eisenerzlager in den Werfener Schichten (unterste Trias); sie erscheinen gebunden an Kalke inmitten

<sup>1)</sup> Siehe bei Lipold, l. c. 378.

<sup>2)</sup> Ausführlicheres bei Lipold, l. c. 380—385.

<sup>3)</sup> Fuchs, Étude sur les gisements métallifères des Vallées Trompia, Sabbia et Sassina; Ann. d. Mines (6), XIII, 1869, 411—458. — Curioni, Osservazioni geologiche sulla Val Trompia; Mem. d. R. Istit. Lomb. (3), II, 1870; zitiert von d'Achiardi. — d'Achiardi, I metalli, loro minerali e miniere, 1883, II, 206—208. — Lotti, I depositi dei minerali metalliferi, 1903, 105—106. — von Ernst, Studie über die Eisenindustrie in der Lombardie. Nach den Publikationen des R. Corpo delle Miniere; Österr. Ztschr. f. Berg- u. Hüttenwes., XLVII, 1899, 381—387, 400—404.

Stelzner-Bergeat, Erzlagerstätten.

von Tonschiefern, sind entstanden aus Sideriten und sideritischen Kalksteinen und führen Eisenhydroxyde; z. T. aber bildet der Spateisenstein selbst das Erz.<sup>1)</sup>

Die Werfener Schichten bestehen zur Hauptsache aus roten oder grünen, glimmerigen, bald mehr tonigen, bald mehr sandigen, von Kalkbänken durchzogenen Schiefen und untergeordneten Sandsteinbänken. Im ganzen treten die Kalksteine, welche im Gegensatz zu den triasischen Massenkalken Bosniens wohlgeschichtet sind, gegenüber den Schiefen und Sandsteinbänken zurück.

Die Eisenerzlager bilden einen Lagerzug, welcher südlich der Stadt Vareš hinstreicht und durch das Stavnjatal in einen östlichen und westlichen Abschnitt zerlegt wird; jenem gehören die Lager von Droškovac, Brezik und Pržići, diesem diejenigen von Smreka und Saski potok an.

Die Ausdehnung der sideritischen Kalke erstreckt sich ungefähr 5 km weit in ostwestlicher Richtung.

Die bedeutenderen Vorkommnisse liegen sämtlich längs einer Störungslinie. Die sideritischen Kalke sind längs jüngerer Spalten in Brauneisenerz und Turjit (oder Roteisenerz?) umgewandelt und letzterer sehr häufig von quarzreichen Partien begleitet oder völlig verkieselt. Der Übergang des Karbonats in das Oxyd ist ein allmählicher, in der Tiefe nimmt der Siderit zu; letzterer ist, mitunter deutlich längs Spalten, mit Baryt verunreinigt, und eine solche Durchtränkung mit letzterem Mineral scheint nach Katzer wiederholt und auch während der Umwandlung des Siderits in Brauneisenerz stattgefunden zu haben. In dem roten Eisenstein stellen sich mitunter, wie auf dem Lager von Smreka, manganreiche Partien ein. Ebendort führt auch das Erz und der Kalkstein Pyrit, und im Erz kommt gediegenes Kupfer in dünnen Blechen vor. Aragonit, Chaledon, Fahlerz und Bleiglanz werden gleichfalls angetroffen. Die Mächtigkeit der Erzlager beträgt 20—60 m, doch wechseln die Beschaffenheit und der Adel darin vielfach. Im Streichen lassen sie sich manchmal auf mehrere hundert Meter verfolgen.

Die Varešer Eisenerze haben einen schwankenden, aber doch beträchtlichen Eisengehalt und sind stets, manchmal bis zu 10%, manganhaltig; Kupfer scheint in den Erzen immer vorzukommen, der Phosphorgehalt im allgemeinen gering zu sein. Das limonitische Erz von Droškovac führt 6—8% Baryt.

Die Eisenerzlager von Vareš gehören zu den reichsten Europas; die im Tagebau gewinnbare Erzmenge wird auf 10 Mill. Tonnen geschätzt. Die Produktion im Jahre 1900 betrug ca. 130 000 t, die zum größeren Teile an Ort und Stelle, zum anderen Teil zu Servola bei Triest verschmolzen worden sind. Die besten Eisenerze sind die Roteisenerze von Pržići mit einem Eisengehalt von mehr als 60%.<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Katzer, Das Eisenerzgebiet von Vareš in Bosnien; Berg- und Hüttenm. Jahrb. d. k. k. Bergakad., XLVIII, 1900, 99—189; Ref. Ztschr. f. prakt. Geol., 1900, 383—385 und Jahrb. f. d. Eisenhüttenwes., I, 1902, 135—141. — Ders., Geologischer Führer durch Bosnien und die Hercegovina. Herausgegeben von der Landesregierung in Sarajevo, 1903, 144—150.

<sup>2)</sup> Siehe auch Poech, L'industrie minérale de Bosnie-Herzégovine; Monographie publiée à l'occasion du Congrès international des mines et de la métallurgie de l'Ex-

Der Varešer Bergbau hat zur Errichtung eines Hüttenwerkes Veranlassung gegeben, das als einer der großartigsten Holzkohlenbetriebe Europas gilt. Die im Dubosticatal gewonnenen Chromeisensteine finden hier Verwendung. Zu Vareš selbst werden 44000 t Roheisen erzeugt, das den Bedarf ganz Bosniens deckt und außerdem noch in die benachbarten Gebiete exportiert wird.

Das Varešer Eisen war schon zur Türkenzeit im Orient, bis nach Kleinasien und Ägypten, ein gesuchter Handelsartikel.

Sphärosiderite und Toneisensteine, welche sich durch ihre Kristallinität und ihren Gehalt an Siderit bzw. Ton unterscheiden, werden ganz allgemein die im frischen Zustand grauen oder bläulichen, sehr leicht in Brauneisenstein übergehenden linsen- und scheibenförmigen, auch flözartigen Eisenerze genannt, welche in den verschiedensten Formationen zumeist Einlagerungen in Tonen bilden. Es sind vorzugsweise aus Eisenkarbonat bestehende Konkretionen mit etwa 35—45% Eisen und einigem Phosphorgehalt. Sie kommen sowohl in marinen wie in lakustren Ablagerungen vor, häufig massenhaft einzelne Schichten in dichter Lagerung erfüllend.

Hier soll zunächst von den Vorkommnissen in marinen Schichten die Rede sein. Dieselben haben augenblicklich nur eine untergeordnete oder keine technische Bedeutung. Eine scharfe Trennung der Toneisensteine in marine und lakustre ist natürlich so lange nicht möglich, als die Absatzbedingungen des Nebengesteines in manchen Fällen nicht völlig aufgeklärt sind.

Im mittleren Keuper **Oberschlesiens** finden sich bei Siewierz, Poremba, Pinczye, Trzebycka usw. Nester von Brauneisenstein im Ton, welche abgebaut wurden. Namentlich in der Gegend zwischen Kreutzburg, Landsberg und Pitschen führen die Wilmsdorfer Schichten des oberen Keupers tonige, eisenreiche Sphärosiderite. Dieselben bilden mehrere Lagen von faust- bis kopfgroßen Knollen in Tonen und Mergeln und umschließen Pflanzenreste, können also mindestens keine Hochseeablagerungen sein.

Toneisensteine kommen in großer Menge im Bathonien (besonders in der Stufe des Amm. Parkinsoni und Belemn. giganteus) des ober-schlesisch-polnischen Doggers vor und sind bei Landsberg zumal in früherer Zeit lebhaft abgebaut worden. „In der Regel liegen 3—6 Erzlager von 3—12 Zoll Mächtigkeit übereinander, welche durch Lettenmittel getrennt werden.“ Die Erze enthalten 20—45% Eisen.<sup>1)</sup>

Gegenwärtig ist noch Bergbau bei **Czenstochau** nahe der schlesisch-polnischen Grenze. Die Erze sind nur wenig mächtige, aber zu mehreren übereinanderliegende, zusammenhängende Bänke oder Knollen von Toneisenstein, der häufig oolithisch erscheint.<sup>2)</sup>

position universelle de Paris 1900. Wien 1900, 23—34. — Danach Die Mineralindustrie Bosniens und der Herzegovina; Berg- u. Hüttenm. Ztg., LIX, 1900, 515—516. — B. Walter, Beitrag zur Kenntnis der Erzlagerstätten Bosniens, 1887, 17—24.

<sup>1)</sup> Das Obige nach F. Roemer, Geologie von Oberschlesien, 1870, 170—172, 534—535.

<sup>2)</sup> von Behbinder, Untersuchungen im braunen Jura in der Umgebung von Czenstochau; Ztschr. d. deutsch. geol. Ges., LV, 1903, Verhandl. 17—33.

Massenhaft finden sich Toneisensteingeoden in der Jura- und Kreideformation, besonders des nordwestlichen Deutschlands. Sie kommen in zahlreichen Tongruben als ganz gewöhnliche Erscheinung vor, enthalten häufig viele Versteinerungen und sind in den verschiedensten Horizonten auch als Septarien, mehr oder weniger reich an Zinkblende, Bleiglanz, auch an Schwerspat und Schwefeleisen, anzutreffen; stellenweise finden sie eine Verwendung als Zuschlag in den Ziegeleien. „In den Liasschichten des Teutoburger Waldes, und zwar in den Kreisen Bielefeld, Paderborn und Warburg, trifft man in fünfzig übereinanderliegenden Horizonten Sphärosideritnieren und zwei zusammen 2,20 m mächtige Sphärosideritlager. Auch in den Liasschichten des Wesergebirges sind Sphärosiderite häufig.“ (v. Groddeck.) Besonders häufig sind sie im Dogger und in der unteren Kreide.<sup>1)</sup> In letzterer bilden sie Bänke in der Gegend von Bückeburg, im Gault Westfalens und Hannovers.

Von untergeordnetem wirtschaftlichen Interesse sind jetzt die Sphärosideritlagerstätten im Karpathensandstein.<sup>2)</sup> Nach Cotta bilden dieselben einen mindestens 80 Meilen (gegen 600 km) langen Lagerzug, in welchem „nicht die einzelnen Lager oder Flöze, die oft sogar recht schnell auskeilen, zusammenhängend fortsetzen“, sondern es handelt sich vielmehr um eine Schichtenzone, welche überall solche Lager enthält, deren Zahl und Qualität variiert, wie denn selbst der Zustand der einschließenden Schichten sich etwas verändert.

Bei **Kimpolung** in der Bukowina liegen zahlreiche  $\frac{1}{2}$ –3 Fuß mächtige Eisensteinflöze zwischen grauem und gelblichem Schiefer-ton, grauem Sandstein, Kalkstein und vereinzelt Kohlenlagern. Das Erz ist mehr oder weniger unreinigt mit Ton und enthält demgemäß einen von 10–48% wechselnden Eisengehalt. Die Sphärosideritlinsen haben Breitendurchmesser von 1–20 Fuß. „Die Linsen liegen teils unmittelbar aneinander, teils folgen sie untereinander in kleinen Abständen innerhalb einer sehr eisenschüssigen, gelben, milden Schiefer-tonschicht, die dann als Richtschnur zu ihrer Verfolgung dient. Sonderbarerweise sind sie zuweilen in dieser Schicht etwas schräg gestellt, so daß sie gleichsam wie die Ziegel eines Daches wirklich übereinandergreifen oder übereinandergreifen würden, wenn man sie mit unveränderter Stellung zusammenschieben könnte.“ (Cotta.) Analoge Vorkommnisse sind die von Nadworna im östlichen Galizien und weiter nordwestlich davon bei Skole. Das Zusammenauftreten mit Kohlenflözchen spricht dafür, daß diese Eisenerze nicht in der Tiefsee gebildet sein können.

In Galizien und in der Bukowina scheint auf diesen Lagerstätten kein Bergbau mehr umzugehen.

Bei **Teschen** (Österr. Schlesien) kommen nach Hohenegger Sphärosideritflöze in fünf verschiedenen Horizonten vor:

1. Im Hauterivien, den schwarzen, glänzenden, bituminösen „oberen Teschener Schiefer-n“ sind zwei mächtige Züge von Sphärosideritflözen enthalten, deren Erze zu Witkowitz und Friedland in Mähren und auf verschiedenen schlesischen und galizischen Gruben verarbeitet wurden. Es sind die hauptsächlichsten Sphärosideritlager der Karpathen.

<sup>1)</sup> Kosmann, Die Thoneisensteinlager in der Bentheim-Ochtruper Thonmulde; Ztschr. d. deutsch. geol. Ges., L, 1898, Verhandl. 127–131. — Stahl und Eisen, XVIII, 1898, I, 357–360, II, 623–625, Lit. — Siehe dagegen G. Müller, Die Untere Kreide westlich der Ems und die Transgression des Wealden; Ztschr. f. prakt. Geol., XI, 1903, 72–73. — Harbort, Die Schaumburg-Lippe'sche Kreidemulde; N. Jahrb., 1903, I, 59–90.

<sup>2)</sup> Hohenegger, Geognostische Skizze der Nordkarpathen von Schlesien und den nächsten Angrenzungen; Jahrb. k. k. geol. Reichs-Anst., III, 1852, 3. Quartal, 135–148. — von Cotta, Erzlagerstätten, II, 1861, 252–257, Lit.

2. In den Wernsdorfer Schichten; dieser dritte Hauptflözzug der unteren Kreide (Aptien) lieferte die Erze für die Hütten von Friedland, Baschka und Witkowitz.

3. Im Godula-Sandstein (Albien) ein sehr eisenreicher Sandstein, der vierte Hauptflözzug.

4. Im Istebener Sandstein an der schlesisch-ungarischen Grenze, der fünfte Hauptflözzug.

5. In den blauen Mergeltonen des nummulitenführenden Eocäns, der sechste Hauptzug.

Alle nordkarpathischen Sphärosiderite hatten nur Wert, solange das Holz der Karpathenwälder billig zu ihrer Verhüttung verwendet werden konnte. Ihr Eisengehalt betrug durchschnittlich nur 12<sup>0</sup>/<sub>0</sub>; die Mächtigkeit der seltener in Kugelform, meistens plattenförmig auftretenden Erze erreichte fast nie mehr als 2—3 Zoll.

Im **mittleren Rußland** kommen Toneisensteine stellenweise in ungeheurer Menge vor. So in der unteren Kreide des Sasurskischen Waldgebietes im Flußgebiet der Sura (Gouv. Simbirsk). „Diese Sphärosideritlagerstätten repräsentieren sich nur auf verhältnismäßig geringe Erstreckungen (bis einige hundert Faden) in Form kompakter Schichten, im allgemeinen dagegen erscheinen sie als schichtartige Anhäufungen von Konkretionen, welche an bestimmte Horizonte zwischen den Sanden, Mergeln und Tonen gebunden sind. Hierin gleichen sie den Lagerstätten von Sphärosiderit in Polen, den Gouvernements Wologda, Perm, Wjatka, Wladimir, Nischny Nowgorod, Orel, Kursk usw. Die Mächtigkeit der Schichten ist eine geringe und schwankt von mehreren Zentimetern bis <sup>3</sup>/<sub>4</sub> m; dafür ist aber ihre Verbreitung eine ungeheure. Das Erz besitzt einen Eisengehalt von 30—35,6<sup>0</sup>/<sub>0</sub> und steht hierin dem Sphärosiderit des Orelschen Gouvernements nahe. Der Phosphorgehalt schwankt in vier untersuchten Proben zwischen Spuren und 0,1301<sup>0</sup>/<sub>0</sub>. Eine grobe Schätzung ergab viele Millionen Pud. Der Abbau scheint rentabel.“ (Doss nach Osokow.)<sup>1)</sup> Auch im russischen Jura treten vielorts Sphärosiderite und Toneisensteine auf.<sup>2)</sup>

Auf Lager von Spateisenstein in der tertiären Claiborne-Formation nahe Enterprise im Staat Mississippi haben Johnson und Brainerd<sup>3)</sup> aufmerksam gemacht. Sie erreichen Mächtigkeiten von 3—6 m und lassen sich kilometerweit verfolgen. Sie sind gebunden an grüne Sande und besitzen ein so flaches Einfallen, daß sie im Tagebau gewonnen werden können. Im Mittel enthalten sie 36,85<sup>0</sup>/<sub>0</sub> Eisen, 25,85<sup>0</sup>/<sub>0</sub> Kieselsäure und 0,224<sup>0</sup>/<sub>0</sub> Phosphorsäure.

\* Versucht man die Entstehung des Eisenoxydulkarbonats in marinen Schichten zu erklären, so wird man gut tun, zwei Gruppen von Lagerstätten auseinander zu halten, nämlich 1. die fast ganz reinen, versteinungslosen, oft hochkristallinen Spateisensteine mit ihren Übergängen in ganz ähnliche Kalk-

<sup>1)</sup> Osokow, Die Verbreitung der untercretaceischen eisenhaltigen Gesteine im Gebiete der Sasursk'schen Wälder. Material. zur Kenntnis des geol. Baues d. russ. Reiches; Beilage z. Bull. soc. natur., Moscou 1899, 1—53; Ref. N. Jahrb., 1901, II, — 406—407 —.

<sup>2)</sup> Nikitin, Über die Eisenerze des Liwnyschen Kreises und der benachbarten Gegenden; Bull. Com. géol. St. Pétersbourg, XVII, 1898, 439—450. — Michailowsky, Bericht über die Resultate der Untersuchung der Eisenerzlagerstätten im Liwnyschen Kreise des Orelschen Gouvernements im Jahre 1898; ebenda 451—479; Ref. über beide Arbeiten N. Jahrb., 1901, II, — 409—410 —.

<sup>3)</sup> A new discovery of carbonate iron-ore at Enterprise, Miss.; Transact. Am. Inst. Min. Eng., XVI, 1888, 146—149.

steine (Typus Erzberg in Steiermark) und 2. die Toneisensteine und Sphärosiderite (Pelosiderite).

1. Daß die kristallinen Spateisensteine in manchen Fällen wirklich primäre marine Sedimente sind, dürfte dann zweifellos sein, wenn sie, wie am Erzberg, mit echten Kalksteinbänken wechsellagern. Sollten solche Massen, wie das manchmal geschehen ist, für metasomatische Bildungen gehalten werden, so wäre es ganz unverständlich, weshalb jene Kalksteine nicht auch in Eisenerz verwandelt worden sind. Die Tatsache besteht also, daß Eisenoxydulkarbonat in großen Massen aus dem Meere abgelagert worden ist, wobei der Vorgang wohl kaum ein anderer gewesen sein kann wie derjenige, der zur Entstehung großer Kalksteinlager führte. Diese letzteren sind vielleicht nur zum Teil organogen; ein großer Teil des im Meere präzipitierten Kalkes verdankt aber wohl seine Ausfällung unbekanntem chemischen Reaktionen, wie Steinmann<sup>1)</sup> annimmt, vielleicht der Entstehung von Kohlensäurem Ammoniak bei der Verwesung von Tieren.

Eisen wird dem Meere nur in geringer Menge zugeführt und aus diesem offenbar in ähnlicher Weise ausgefällt, wie der Kalk. Während z. B. der Rhein zu Cöln bei sehr niedrigem Wasserstand in 10 000 Teilen 1,0868 CaCO<sub>3</sub> und 0,3918 CaSO<sub>4</sub> enthält, lassen sich nur 0,0012 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nachweisen; die Dwina führt bei Archangelsk 0,2015 CaCO<sub>3</sub>, 0,5020 CaSO<sub>4</sub> und nur 0,0118 FeCO<sub>3</sub>. Im Meere steigt der relative Kalkgehalt ebenso wie derjenige des Eisenkarbonats auf ein Vielfaches. Denn es enthält z. B. das Wasser des Indischen Ozeans in 10 000 Teilen etwa 0,15 CaCO<sub>3</sub>, 11—15 CaSO<sub>4</sub> und 0,05 FeCO<sub>3</sub>.<sup>2)</sup> Das Verhältnis zwischen den Kalk- und Eisensalzen im Meere ist offenbar das Ergebnis einer Ausfällung, welche seit langer Zeit neben der Konzentration der Lösung statthatte. Da dieses Verhältnis sich nicht sehr wesentlich gegenüber demjenigen im Flußwasser zu ändern scheint, so dürfte man schon deshalb annehmen, daß der Absatz von Eisenverbindungen im offenen Meere viel weniger massenhaft stattfindet als der des Kalkes. Daraus ergibt sich die große Schwierigkeit, die Entstehung solch gewaltiger, 100 m mächtiger Spateisensteinlager aus der normalen Zusammensetzung des Meerwassers zu erklären. Denn es ist nicht wahrscheinlich, daß lange Zeiten hindurch aus normalem Meerwasser Eisenoxydulkarbonat für sich allein oder das Kalkkarbonat überwiegend ausgefällt worden sein soll. Man wird also zu der Annahme gedrängt, die auch bei der Erklärung anderer schichtiger Erzabsätze marinen Ursprungs nicht umgangen werden kann, daß das Meerwasser stellenweise und zu gewissen Zeiten durch zugeführte Metallösungen eine veränderte Zusammensetzung erhalten haben muß. Die weiteren Umstände der Erzausfällung aber bleiben unerklärt.

2. Die marinen Toneisensteine, Sphärosiderite und die Pelosiderite sind tonige Ablagerungen mit mehr oder weniger hohem Gehalt an Spateisenstein, letzterer manchmal bei weitem überwiegend. Es ergibt sich daraus eine äußere

<sup>1)</sup> Über Schalen und Kalksteinbildung; Berichte der naturf. Gesellschaft zu Freiburg i. Br., IV, 1889, 288.

<sup>2)</sup> Man vergleiche die Analysen bei Roth, Allgemeine und chemische Geologie, I. 1879, 456—457, 490—531.

Ähnlichkeit mit manchen tonigen Kalksteinen. Manchmal haben sich diese Eisensteine ganz sicher in wenig tiefem Meere gebildet, und es liegt dann am nächsten, an eine reichliche Zufuhr von Eisensalzen vom festen Lande her zu denken. Die Ausfällung des Eisenoxydulkarbonats mußte immerhin in Tiefen stattgefunden haben, in welchen der Niederschlag der unmittelbar oxydierenden Einwirkung der Atmosphäre nicht ausgesetzt war. Da das Meerwasser in allen Tiefen Sauerstoffgas enthält, so wird man ferner nach einem Reduktionsmittel zu suchen haben, welches die Oxydation des Oxydulsalzes verhinderte; daß ein solches in mannigfacher verwesender organischer Substanz gegeben war, daß diese vielleicht auch die Ausfällung des Eisenoxydulkarbonats bewirkt hat, dürfte um so eher anzunehmen sein, als die Toneisensteine häufig nicht nur reich sind an Versteinerungen, sondern auch an allerlei Sulfiden, wie Zinkblende, Pyrit usw., deren Entstehung wohl gleichfalls auf eine Reduktion aus Metallsalzen zurückzuführen ist. \*

#### **Marine oolithische und oolithähnliche Eisenerzlager.**

\* Die in diesem Abschnitt zusammengefaßten Eisenerzlagerstätten werden wohl gemeinhin als oolithische bezeichnet, indem man als Oolithe, manchmal ohne genauere Untersuchung, die unregelmäßig rundlichen, oft kaum millimetergroßen Erzkörnchen betrachtet hat, welche — durch irgend einen Zement zusammengehalten und selbst von wechselndem Aussehen und jeweils verschiedener Zusammensetzung — ganze Schichten und Schichtenkomplexe ausmachen können.

Unter einem oolithischen Gestein versteht man ein solches, das aus lauter konzentrisch-schalig und mehr oder weniger deutlich radialfaserig gebauten, rundlichen Konkretionen von geringen Dimensionen inmitten eines meistens untergeordneten Bindemittels besteht; die echten Oolithe sind ferner sehr häufig dadurch ausgezeichnet, daß sie einen fremden Kern, wie etwa ein Quarzkorn, oder ein Fragment einer Versteinerung umschließen. Dieser Auseinanderlegung des Begriffes „Oolith“ entspricht nur eine gewisse Anzahl der gemeinhin als oolithisch bezeichneten Eisenerze, und manche, wie z. B. diejenigen von Schmiedefeld in Thüringen, sind ausgezeichnete Beispiele für eine solche Struktur. Bei sehr vielen anderen aber, wie bei den Erzen des norddeutschen Lias, ist das Aussehen das eines Eisenerzsandes, ja sogar eines Eisenerzkonglomerates; das Gestein wird dann zum größeren Teil von gerundeten Körnern von Brauneisenerz gebildet, die, wenn sie mehr oder weniger ausschließlich das Erz zusammensetzen, durchaus an echte oolithische Eisensteine erinnern. Daneben aber bestehen alle Übergänge zwischen diesen kleinen und bis zu nußgroßen, gerundeten und unregelmäßig gestalteten Brocken von tonigem Brauneisenerz, die ebensowenig wie die kleinen eine konzentrisch-schalige Struktur erkennen lassen. Solche Erze würden zu Unrecht als oolithische bezeichnet werden.

In zahlreichen Fällen treten die oolithähnlichen Eisenerzkörnchen gegenüber der Grundmasse in den Hintergrund. Diese letztere ist bald Eisenspat oder Toneisenstein, bald aber ein toniger Brauneisenstein und sehr oft ein graugrünes oder blaugrünes Eisenerz von dichter Struktur, das mitunter für sich ganze, an Oolithen arme Gesteinsbänke bildet und in die umschließenden Tone oder Schiefertone übergeht, auch in Gestalt von Knollen in den Erzflözen auf-

treten kann. Die chemische Beschaffenheit solcher grüner Eisensteine ist noch wenig bekannt: nach den vorliegenden Bauschanalysen sind sie manchmal sehr reich an Eisenoxydulkarbonat und enthalten neben Ton vielleicht auch grüne Eisenoxydulsilikate, wie Glaukonit. Häufig aber sind sie sicherlich nichts anderes als an Ton besonders reiche Toneisensteine oder Mergel. Bei der Verwitterung werden sie zu tonigem Brauneisenerz. Wie in manchen Fällen das Bindemittel der Erzkörnchen Spateisenstein sein kann, so beobachtet man als Extrem nicht selten Toneisensteine welche nur vereinzelte Oolithe umschließen.

Die als Oolithe bezeichneten Körnchen haben auch ihrerseits die wechselndste Zusammensetzung: im älteren, mehr oder weniger metamorphosierten Gebirge bestehen sie aus Silikaten (Chamosit und Thuringit), in den jüngeren Gesteinen aus Brauneisen, „Roteisen“ (wohl z. T. rotes Eisenhydroxyd) und aus der bezeichneten schmutzig-grünen, schwarzglänzenden Substanz, welche man gern als Glaukonit bezeichnet, die aber fast niemals genauer untersucht worden ist. Es scheint auch, als ob manche Brauneisensteinoolithe aus Spateisenstein hervorgegangen seien, wie denn auch mitunter Oolithe beobachtet werden, die ganz aus solchen bestehen. In den stark gefalteten alpinen Doggereisenerzen sind die Oolithe teilweise zu Magnetit geworden. Aber auch die Eisenerzoolithe ganz normaler Sedimente, wie diejenigen des englischen Jura und die Lothringer Minette, enthalten merkwürdigerweise etwas Magnetit.

Die oolithischen und oolithähnlichen Eisenerze der verschiedensten Horizonte umschließen oft große Mengen von Fossilien. Zumeist haben diese letzteren noch die kalkige Schale und sind gewöhnlich sehr gut erhalten. Häufig sind die Reste indessen mit Eisenerz imprägniert und manchmal wurden sie, wie im Jura Englands, überhaupt in Spateisenstein oder, in den verwitterten Ausstrichen, in Brauneisenstein umgewandelt. Mitunter zeigen die Kalkschalen bei der Berührung mit den Eisenerzkörnchen eine deutliche Anätzung. Alle diese Erhaltungszustände bedürfen noch eines genaueren Studiums.

So genau die weitverbreiteten „Eisenoolithe“ in paläontologischer Hinsicht untersucht sein mögen, so sehr hat man häufig das Studium ihrer Entstehungsweise und ihres mineralogischen Verhaltens vernachlässigt. Indessen ist es fraglich, ob sich mit Rücksicht auf diese Gesichtspunkte eine Trennung der „oolithischen Eisenerze“ in verschiedene Gruppen als notwendig herausstellen würde.

Die weitaus größte Zahl der hier zu besprechenden Vorkommnisse ist zweifellos sedimentärer Entstehung. Manche mögen unter Zutun vulkanischer Eruptionen (Förderung von Tuff und von Eisensalzen) entstanden sein, fast immer kommen aber diese Erze gerade in solchen Formationen vor, welche der Eruptivgesteine ermangeln. Im allgemeinen sind sie Ablagerungen aus wenig tiefem Meere und gern gebunden an Tone, Schiefertone und Tonschiefer, oder auch an Sandsteine, manchmal an Kalksteine. \*

#### Die oolithischen Thuringit- und Chamositerze des thüringischen und böhmischen Untersilurs.

Die untersten silurischen Schichten des Thüringer Waldes, des Fichtelgebirges und der Prager Mulde sind in gleicher Weise ausgezeichnet durch das Vorkommen oolithischer Eisenerze, welche in früherer Zeit Gegenstand des Berg-

baues waren und teilweise heute noch abgebaut werden. Die petrographischen und geologischen Verhältnisse sind allenthalben sehr ähnliche, der Zusammenhang der sicherlich sedimentären Lagerstätten mit dem Auftreten eruptiver Diabasdecken und Tuffe nicht unmöglich.

In Thüringen<sup>1)</sup> liegt das untere Silur konkordant auf den Phycodenschiefern des Cambriums. Das von den Kiesel- und Graptolithenschiefern des Mittelsilurs überlagerte Untersilur besteht aus Tonschiefern (besonders in der unteren Stufe z. T. als Griffelschiefer entwickelt) und stellenweise aus Quarziten. In den tieferen Schichten des Untersilurs treten oolithische Eisensteine auf, welche zwar an Masse den Tonschiefern untergeordnet sind, stellenweise aber doch zu linsenförmigen Einlagerungen von 1—2 m Mächtigkeit anschwellen. Hauptsächlich kommen solche Eisenerze in zwei Horizonten vor: erstlich an der Basis und zunächst über dem Cambrium, und zweitens untergeordnet an der oberen Grenze der höheren Stufe des Untersilurs gegen das Mittelsilur hin; sie sind hier manchmal mit Kalksteinen verknüpft.

Die Eisenerze sind bald Thuringit, bald Chamosit. Der Thuringit von oliven- bis schwärzlichgrüner Farbe bildet oolithische Massen, welche bei der Verwitterung ein zerfressenes Aussehen und eine gelbe oder braune Farbe annehmen und schließlich unter Verlust der Struktur zu derbem Brauneisen werden. Mit dem Tonschiefer ist der Thuringit innig verwachsen und bildet in diesem Bänder und Streifen; es scheint dann, als ob der Schiefer selbst aus dichter, nicht oolithischer Thuringitsubstanz bestehe. Die reinen Oolithe enthalten 0,078 % Phosphorsäure.<sup>2)</sup>

Mit dem Thuringitschiefer zusammen kommt ein festes, im frischen Zustand graues bis schwarzes Gestein vor, welches durch Verwitterung krummschalig wird und in Braun- oder Roteisenstein übergeht. Es ist durchaus oolithisch; die etwa hirsekorngroßen Oolithe liegen dicht gedrängt in einer Grundmasse von Siderit und bestehen selbst aus einer grünen chloritischen Substanz, welche häufig scheinbar mit Titaneisen verwachsen ist. Dieselbe ist der Chamosit. Auch diese Erze gehen sowohl in Tonschiefer wie in Quarzite über. Loretz hält die Thuringite und die Chamosite für die Endprodukte einer Umwandlung von Diabasen und Diabastuffen und erinnert an die nahen Altersbeziehungen zu den ähnlichen Gebilden des Fichtelgebirges und Böhmens.

Rammelsberg<sup>3)</sup> gibt die Zusammensetzung des Thuringits von Schmiedefeld und Reichmannsdorf auf Grund dreier Analysen folgendermaßen an:

SiO <sub>2</sub> . . . . .	22,05—23,55
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	15,63—18,39
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	13,70—17,66
FeO . . . . .	30,78—34,34
MgO . . . . .	0,89— 1,47
K <sub>2</sub> O, Na <sub>2</sub> O . . . . .	0,00— 0,14
Wasser . . . . .	9,81—11,44

Eisen im Mittel: 36,53

<sup>1)</sup> Loretz, Bemerkungen über die Untersilurschichten des Thüringer Waldes und ihre Abgrenzung vom Cambrium; Jahrb. preuß. geol. Landes-Anst., 1884, 24—43. — Ders., Zur Kenntnis der untersilurischen Eisensteine im Thüringer Walde; ebenda 120—147. — Liebe, Übersicht über den Schichtenaufbau Ostthüringens; Abh. z. geol. Spezialkarte von Preußen, V, Heft 4, 1884.

<sup>2)</sup> Eine genauere Beschreibung dieses Minerals und des Chamosits gab Loretz; Jahrb. preuß. geol. Landes-Anst., 1884, 120—147.

<sup>3)</sup> Mineralchemie II, 2. Aufl., 1875, 496.

Für Chamositerz von Schmiedefeld fand Böttcher (zit. von Loretz):

	I.	II.
SiO <sub>2</sub> . . . . .	11,06	18,63
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	6,98	8,48
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	1,82	3,73
FeO . . . . .	47,72	45,18
MgO . . . . .	2,46	1,68
CaO . . . . .	0,73	0,84
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0,18	0,44
SO <sub>2</sub> . . . . .	0,23	—
CO <sub>2</sub> . . . . .	22,56	13,00
TiO <sub>2</sub> . . . . .	1,11	1,63
H <sub>2</sub> O und Verlust . .	5,15	6,44
	<hr/>	<hr/>
	100,00	100,00
Eisen . . . . .	38,38	37,68

In den untersuchten Proben waren enthalten:

I. 51,3 % FeCO <sub>3</sub>	5,0 % MgCO <sub>3</sub>	0,6 % CaCO <sub>3</sub>
II. 29,0 " "	3,5 " "	0,5 " "

Nach Abzug dieser wohl das Zement der Oolithe bildenden Karbonate, des SO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub> und P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ergibt sich für die Oolithe selbst:

	I.	II.
SiO <sub>2</sub> . . . . .	27	29
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	17	13
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	4	6
FeO . . . . .	39	42
H <sub>2</sub> O . . . . .	13	10
	<hr/>	<hr/>
	100	100

Ihre hauptsächlichste Entwicklung besitzen diese Eisenerzlagerstätten in der Gegend von **Schmiedefeld** und **Reichmannsdorf**, und besonders südwestlich des ersteren Ortes weist eine große Anzahl von Tagebauen auf den alten Bergbau hin, welcher hier auf mehreren solchen Lagern bestanden hat.

Im östlichen Thüringen und im Vogtland sind die Erze der Thuringitzone nur stellenweise und untergeordnet vertreten.<sup>1)</sup>

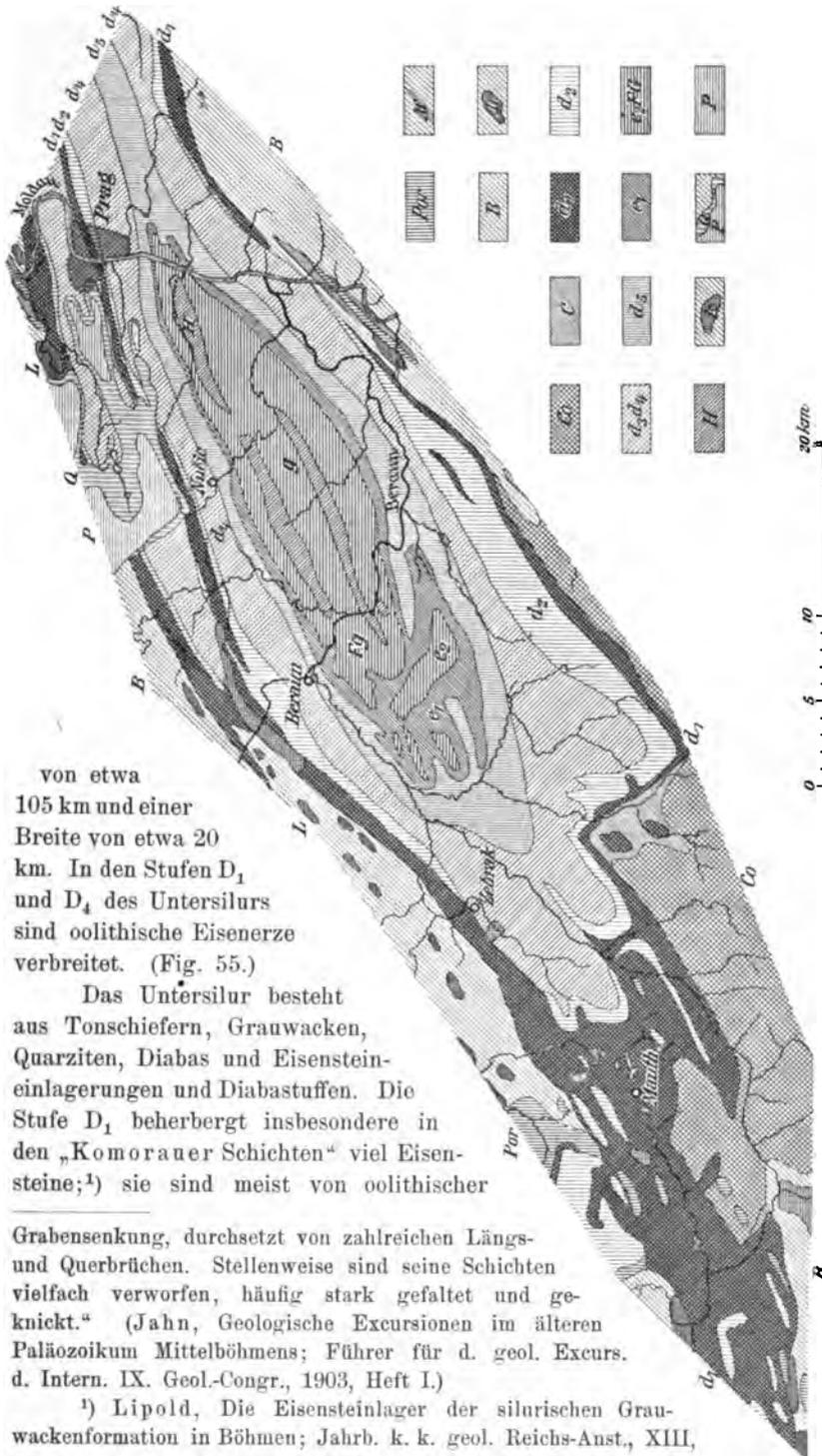
Ähnliche Erze hat Gumbel<sup>2)</sup> aus der Gegend von Hof im Fichtelgebirge beschrieben. An der Lamitzmühle (unfern Hirschberg) steht im Leuchtholz dunkelgrüner Thuringitschiefer an, der aus Quarzkörnern, Magnetitkriställchen und Thuringitoolithen mit Steinkernen von Orthis aff. Lindstroemi besteht. Das 1<sup>1</sup>/<sub>4</sub> m mächtige Lager (das „Leuchtholzgestein“) wird überlagert von tuffigem Tonschiefer und Dachschiefer, während sein Liegendes phyllitartige Ton- und rötliche Quarzitschiefer mit viel Phycoden bilden; es gehört, wie der untere Thuringithorizont Thüringens, der silurisch-cambrischen Grenzzone an. Dieser Eisenstein war schon im XVI. Jahrhundert abgebaut worden.

Die älteren Ablagerungen Böhmens bilden zwischen Brandeis an der Elbe und Altpilsen die als Prager Silurmulde<sup>3)</sup> bekannte Ellipse mit einer Länge

<sup>1)</sup> Liebe, l. c. 10—11. — Siehe ferner die Erl. zu Sektion Treuen-Herlasgrün und Plauen-Ölsnitz der geol. Spezialk. d. Kgr. Sachsen.

<sup>2)</sup> Gumbel, Geogn. Beschr. d. Fichtelgebirges, 423—424.

<sup>3)</sup> Die Bezeichnung „Silurmulde“ ist hier dem alten Gebrauch entsprechend beibehalten. „In tektonischer Beziehung ist das mittelböhmische „Silur“ eine komplizierte



von etwa 105 km und einer Breite von etwa 20 km. In den Stufen D<sub>1</sub> und D<sub>4</sub> des Untersilurs sind oolithische Eisenerze verbreitet. (Fig. 55.)

Das Untersilur besteht aus Tonschiefern, Grauwacken, Quarziten, Diabas und Eisenstein-einlagerungen und Diabastuffen. Die Stufe D<sub>1</sub> beherbergt insbesondere in den „Komorauer Schichten“ viel Eisensteine;<sup>1)</sup> sie sind meist von oolithischer

Grabensenkung, durchsetzt von zahlreichen Längs- und Querbrüchen. Stellenweise sind seine Schichten vielfach verworfen, häufig stark gefaltet und geknickt.“ (Jahn, Geologische Excursionen im älteren Paläozoikum Mittelböhmens; Führer für d. geol. Exkurs. d. Intern. IX. Geol.-Congr., 1903, Heft I.)

<sup>1)</sup> Lipold, Die Eisensteinlager der silurischen Grauwackenformation in Böhmen; Jahrb. k. k. geol. Reichs-Anst., XIII,

Fig. 55. Geologische Skizze der Prager Silurmulde. (Krejčí, 1885). For Porphyry, A/Aphanit, B Schiefer, L Lydit, Co Konglomeratschichten, C Schiefer mit Primordialefauna, d<sub>1</sub> Eisenerzzone, d<sub>2</sub> Quarzit, d<sub>3</sub>, d<sub>4</sub> Grauwackenschiefer, d<sub>5</sub> weiche Schiefer und Quarzit, q Graptolithenschiefer und Diabas, q<sub>2</sub>FG Kalke, H Schiefer, K Karbon, Q Quadersandstein, P Pläener; B Vorcambrium, CoC Cambrium, d<sub>1</sub> Untersilur, e-F z. T. Obersilur, F z. T. —H Unter- und Mitteldevon. Die Nücker Eisenerzlager liegen in d<sub>4</sub>.

Struktur, zwischengelagert zwischen Diabasgesteine (Mandelsteine, Tuffschiefer) und erreichen Mächtigkeiten von 10—12 m. Auch die der gleichen Silurzone angehörigen Vošek-Kvaňer Schichten führen Eisenerze; es sind Chamosite mit sideritischem Bindemittel von meistens nur geringer Mächtigkeit. Zahlreiche Gruben haben diese Erze der Stufe  $D_1$  in früherer Zeit abgebaut.

Die hauptsächlichsten Eisensteinlager gehören aber der Stufe  $D_4$  an. Wie die bauwürdigen Vorkommnisse in  $D_1$  wohl auf den südwestlichsten Teil des nordwestlichen Muldenflügels beschränkt waren, so liegt auch das hervorragendste Eisenerzgebiet von  $D_4$  innerhalb dieses letzteren. Der Mittelpunkt des Bergbaues ist Nučie (Nutschitz), etwa 23 km südöstlich von Kladno. Die in Rede stehende Schichtenzone erreicht dort eine Breite von etwa 1400 m und besteht im Liegenden aus Quarziten, in der Mitte aus Eisensteinen und im Hangenden aus Schiefeln. Die Zone der Eisensteine ist 12—15 km weit nachzuweisen; Nučie selbst liegt etwa in der Mitte zwischen den Flüssen Moldau und Beraun, die Eisenerzzone erreicht keinen derselben. Der bauwürdig aufgeschlossene Teil der letzteren streicht zwischen Chrutenitz im SW. und Jinotschan im NO. und hat eine Länge von 8 km. Innerhalb dieser Erstreckung ist das Erzlager in der Mitte 18, im Südwesten 3—10, im Nordosten 8—14 m mächtig und zeigt ein wechselndes südöstliches Einfallen von durchschnittlich  $50^\circ$ .

Die Erze besitzen den Charakter von Chamositen; sie haben im frischen Zustand eine blaugraue oder blauschwarze Farbe und bestehen aus bis etwa 2 mm großen schwarzgrauen Oolithen, welche eingebettet liegen in einer oft deutlich spätigen Grundmasse von Spateisenstein. Durch Verwitterung werden sie zunächst grünlichgrau, späterhin verwandeln sie sich in Braun- oder Roteisenerz. In dem Erz beobachtet man Schwefelkieskörner. Versteinerungen sind sehr selten zu finden.

Das Erzlager besteht aus Bänken von  $\frac{1}{8}$ — $1\frac{1}{2}$  m Dicke und wechselndem Gehalt; im allgemeinen wird letzterer gegen das Liegende und Hangende geringer. Der durchschnittliche Eisengehalt von 9 Erzbänken, welche zusammen 17 m mächtig waren, ist von Bäumler auf 34,65% berechnet worden; durch Röstung steigt derselbe auf etwa 45%. Die Phosphorsäuremenge beträgt in den gerösteten Erzen 2,5—3%, der Schwefelgehalt etwa 0,3%. Durch die Verwitterung der Erze entstehen auf Klüften und innerhalb der zersetzten Schichten selbst Phosphate, wie Delvauxit ( $\text{Fe}_4[\text{OH}]_6[\text{PO}_4]_2 \cdot 17\text{H}_2\text{O}$ ) und Diaochit ( $\text{Fe}_4\text{O}[\text{OH}]_2[\text{PO}_4]_2[\text{SO}_4\text{H}]_2$ ).

---

1863, 339—448. — Vála und Helmhacker, Das Eisensteinvorkommen in der Gegend zwischen Prag und Beraun; Archiv für naturw. Landesdurchforsch. von Böhmen, II, 2. Abt., 1873, 99—407. — Feistmantel, Über die Lagerungsverhältnisse der Eisensteine in der Unterabteilung D des böhmischen Silurgebietes; Sitz.-Ber. der böhm. Ges. der Wiss., 1878; Ref. N. Jahrb. 1879, 176. — Krejčí und Feistmantel, Orographisch-geotektonische Übersicht des silurischen Gebietes im mittleren Böhmen; Archiv f. naturw. Landesdurchforsch. von Böhmen, V, No. 5, 1885. — Bäumler, Über das Nutschitzer Erzlager bei Kladno in Böhmen; Österr. Ztschr. f. Berg- u. Hüttenw., XXXV, 1887, 363—367, 371—378.

Nachdem das Nučicer Erzlager wohl schon vor sehr langer Zeit einmal Gegenstand eines Bergbaues gewesen war, haben die Fürstenbergische Bergwerksdirektion, spätere „Böhmische Montangesellschaft“, Ende der vierziger Jahre des vergangenen Jahrhunderts und bald darauf (1853) die „Prager Eisenindustriegesellschaft“ denselben wieder zu großer Blüte gebracht. Seit 1858 datiert der unterirdische Abbau des Erzes, das bis dahin in 6 Tagebrüchen gewonnen worden war.

Während die gesamte Erzförderung beider Gesellschaften noch von 1848—1859 im Jahre durchschnittlich 14160 t, von 1860—1869 durchschnittlich 52815 t betragen hatte, belief sie sich 1886 auf 215212 t. Im Jahre 1902 wurden im Revierbergamts-Bezirk Prag 606000 t Eisenerz gefördert.

Die Einführung des Thomas-Prozesses ist auch der Verwendbarkeit dieser Erze zugute gekommen.

In den Clinton-Schichten des oberen nordamerikanischen Silurs sind Roteisenerze in weitester Verbreitung vorhanden. Zwischen Tonschiefern, Kalksteinen und Sandsteinen treten sie auf in Wisconsin, Ohio, Kentucky und reichen vom Ontario-See bis nach Alabama im Süden.

Unter dem Namen Clinton-ore<sup>1)</sup> wird Verschiedenes begriffen: bald sind es bloß stark eisenschüssige, über dem Grundwasser zu rotem Eisenstein veränderte Kalksteine oder Sandsteine, bald sind es in Eisenerz umgewandelte Fossilien, bald sind es Roteisenoolithe, die sogenannten „flaxseed-“ (Leinsamen-) Erze.

Zu **Clinton** bei Utica in New York besitzen diese letzteren Erze eine mächtige und typische Entwicklung; man kennt dort drei fast horizontale Flöze, von denen zwei mit Mächtigkeiten von 0,6 bzw. 0,2 m abbauwürdig sind; sie werden durch eine nur 0,3—0,4 m dicke Lage von Tonschiefer voneinander getrennt. Von höchster Bedeutung aber sind die Clinton-ores in **Alabama**, wo ihr Ausstrich auf mehr als 200 km hin verfolgt werden kann. Die hauptsächlichsten Gruben sind die am Red Mountain bei Birmingham, in welchen das Erz im Hangenden einer mächtigen Kalksteinmasse auftritt und beide durch Faltungen und Verwerfungen in die Mitte von Kohlenflözen gebracht worden sind, Umstände, die für eine Eisenindustrie nicht günstiger gedacht werden könnten. Die Clinton-Formation erreicht dort eine Mächtigkeit von 45 m und

<sup>1)</sup> Wedding, Das Eisenhüttenwesen der Vereinigten Staaten von Nordamerika; Ztschr. f. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes., XXIV, 1876, 346—347. — Höfer, Die Kohlen- und Eisenerzlagerstätten Nordamerikas. Wien 1878, 250—251. — Pechin, The iron-ores of Virginia; Transact. Am. Inst. Min. Eng., XIX, 1891, 1016—1035. — Hunt, Coal and iron in Alabama; ebenda, XI, 1883, 236—248. — Porter, The iron-ores and coals of Alabama, Georgia and Tennessee; ebenda, XV, 1887, 170—218. — C. H. Smyth, On the Clinton iron-ore; Am. Journ. of Sc. (3), XLIII, 487; Ref. Ztschr. f. pr. Geol., 1893, 246. — Ders., Die Hämatite von Clinton in den östlichen Vereinigten Staaten; Ztschr. f. prakt. Geol., 1894, 304—313, Lit. — Kemp, Ore deposits, 1900, 114—120, Lit. — Foerste, On the Clinton iron-ores; Amer. Journ. of Science (3), XLI, 1891, 28—29; Ref. N. Jahrb., 1894, I, — 90 —.

enthält mindestens 5 Flöze von verschiedener Beschaffenheit, die ziemlich flach einfallen und von einer wenig mächtigen Lage von devonischen Schiefen überdeckt und infolgedessen nach Abraum der letzteren im Tagebau gewonnen werden. In der Nähe dieser Clinton-Flöze kommen auch die S. 186 erwähnten Brauneisenlager im Silur und Cambrium vor, welche gleichfalls von großer, wenn auch nicht von so hoher Bedeutung für die Eisenindustrie Alabamas sind.

Allgemein sind die Clinton-Erze stark phosphorhaltig und ziemlich eisenarm (45—48 ‰), manchmal auch ziemlich kieselsäurereich und besonders in den größeren Teufen stark kalkhaltig. Die Roteisenerzoolithe und die vererzten Fossilien (Crinoiden, Bryozoen, Korallen, Brachiopoden) sind in einen Calcizement eingebettet, der bei den ärmeren Erzen die Hauptmasse des Gesteines ausmacht. Nach Smyth hat man die Clinton-Erze als Roteisensteine bei Brunnenanlagen im Staate New York noch in Tiefen von 190 und 300 m durch Bohrungen nachgewiesen, wodurch wohl festgestellt sein dürfte, daß dieselben in ihrer typischen Entwicklung (als flaxseed und fossil-ores) primäre Gebilde und nicht durch Verdrängung eines Kalksteines durch eisenhaltige Tagewässer entstanden sind. Der gleiche Autor hat die Entstehung dieser Lagerstätten damit erklärt, daß sich die Oolithe aus eisenhaltigen, dem Meere zugeführten Lösungen gebildet haben, daß die gleichen Lösungen auch die kalkigen Tierreste zu Eisenerz machten und daß erst nach diesen Vorgängen die Erze in den Zement des annähernd gleichzeitig sich absetzenden Kalkschlammes eingebettet worden sind. Die Roteisenerzoolithe enthalten im Innern gewöhnlich ein Quarzkörnchen und hinterlassen bei der Behandlung mit Salzsäure dieselben Schalen amorpher Kieselsäure, wie sie van Wervecke und später Bleicher auch in den Oolithen der lothringischen Minetten nachgewiesen haben.

Die Red Mountain-Gruben in Alabama haben im Jahre 1901 1100000 t Erz geliefert.

Dem feinkörnigen, rötlichen Sandstein, welcher im linksrheinischen Devon das Liegende der mitteldevonischen Eifeler Kalke, Dolomite und Mergel bildet, sind in der Eifel stellenweise oolithische Roteisenerze eingeschaltet. Auch manche schieferig-tonige Schichten des Unterdevons sind teilweise so reichlich mit Eisenoxyd imprägniert, daß sie als Eisenerze benutzt worden sind.

Die oolithischen Roteisenerze an der Basis des Eifeler Kalkes erreichen Mächtigkeiten von 0,7—5 m. Ihr Eisengehalt beträgt 28—30 ‰; sie kommen vor in der Gegend von Gerolstein, Hillesheim, Schönecken usw.<sup>1)</sup>

#### Oolithische Eisenerze der Juraformation.

Die Juraformation ist besonders in Westeuropa reich an Eisenerzen. Zum großen Teil sind dieselben oolithische Eisenerze; solche kommen in weiter Verbreitung im Lias, Dogger und Malm vor und besitzen im Dogger ihre hauptsächlichste Entwicklung. Von geringerer technischer Bedeutung sind die früher erwähnten Toneisensteine.

**Oolithische Eisenerze im Lias.** In der **Bodenwöhrer Bucht**, in welcher in der Oberpfalz zwischen Schwandorf und Roding, dem Regen

<sup>1)</sup> Naumann, Geognosie, 2. Aufl., II, 384. — Anonym, Die Eisenerzlagerstätten in der Eifel; Berggeist, XI, 1866, 21—22.

folgend, mesozoische Sedimente tief in das Urgebirge des bayerisch-böhmischen Waldes hineingreifen, tritt der mittlere Lias in einer seiner höheren Stufen als minetteartiges, teilweise oolithisches Eisenerz von brauner oder grünlichgrauer Farbe auf; dasselbe ist früher abgebaut und zu Bodenwöhr verschmolzen worden (Gümbel).<sup>1)</sup>

Der nordwestdeutsche Lias<sup>2)</sup> ist insbesondere in seinen mittleren Stufen im allgemeinen ein Eisensteinhorizont. Er enthält an verschiedenen Orten Eisenerze, die gemeinhin in der Literatur als oolithische bezeichnet werden, obwohl es mindestens stellenweise keinem Zweifel unterliegen kann, daß diese Bezeichnung angesichts der Struktur der Erze keine Berechtigung hat. Zum Teil enthalten dieselben nämlich eine Art Brauneisensand und größere, unregelmäßig abgerundete Brocken von Brauneisenstein ohne Andeutung eines oolithischen Aufbaues. Solcher Art sind z. B. die wichtigsten nordwestdeutschen Liaseisenerze, nämlich diejenigen von Harzburg; da sich keine sicheren Beweise dafür finden, daß es sich bei diesen um Eisensteinseifen handelt, so mögen sie einstweilen hier ihren Platz behalten.

Der liasische Eisensteinhorizont ist im allgemeinen derjenige des Ammonites Jamesoni; er wird überlagert von den Schichten des Ammonites fimbriatus. Diesem Niveau entsprechen die an verschiedenen Stellen des südlichen Teutoburger Waldes vorkommenden, noch in den letzten Jahrzehnten abgebauten Eisenerze bei Altenbeken, Langeland usw., die sich nordwärts längs des Eggegebirges 15 km weit bis ins Lippesche verfolgen lassen. Die durch wenig mächtige Schiefermittel getrennten Flöze erreichen gewöhnlich Mächtigkeiten von 1—2 m,

<sup>1)</sup> Geologie von Bayern, II, 1894, 498—499.

<sup>2)</sup> Haniel, Über das Auftreten und die Verbreitung des Eisensteins in den Jura-Ablagerungen Deutschlands; Ztschr. d. deutsch. geol. Ges., XXVI, 1874, 59—77. — Vüllers, Die Eisensteinlagerstätten des Juras des südlichen Teutoburgerwaldes und die dortigen bergbaulichen Verhältnisse; Berggeist, IV, 1859, bes. 558 und 566—567. — Schlönbach, Über den Eisenstein des mittleren Lias im nordwestlichen Deutschland, mit Berücksichtigung der älteren und jüngeren Liasschichten; Ztschr. d. deutsch. geol. Ges., XV, 1863, 465—507. — Schlüter, Die Schichten des Teutoburger Waldes bei Altenbeken; ebenda XVIII, 1866, 49—50. — Heusler, Ein neu aufgeschlossenes oolithisches Eisenerzvorkommen in der Jura-Formation des Teutoburger Waldes; Correspondenzblatt des naturh. Ver. der Rheinl. u. Westf., XXXIX, 1882, 114—119. — Stille, Der Gebirgsbau des Teutoburger Waldes zwischen Altenbeken und Detmold; Jahrb. preuß. geol. Landes-Anst. für 1899, XX, II. Abt., 3—42. — Hausmann, Übersicht der jüngeren Flözgebilde im Flußgebiete der Weser; Studien des Göttingischen Vereins bergmänn. Freunde, II, 1828, 297—299. — Emerson, Die Liasmulde von Markoldendorf bei Einbeck; Ztschr. d. deutsch. geol. Ges., XXII, 1870, 271—334. — Denckmann, Über die geognostischen Verhältnisse der Umgegend von Dörnten, nördlich Goslar; Abh. preuß. geol. Landes-Anst., VIII, 2, 1887. — P. Smith, Die Jurabildungen des Kahlberges bei Echte; Jahrb. preuss. geol. Landes-Anst., XII, 1891, 288—356. — von Koenen, Erläut. z. geol. Spezialkarte v. Preußen; 71. Lief., Bl. Westerhof, 1895. — D. Brauns, Der untere Jura im nordwestlichen Deutschland, 1871, 100—123. — Bode, Die Höhenzüge zwischen Lutter am Barenberge und Lichtenberg in Braunschweig; Inaug.-Diss. Göttingen 1901. — Klüpfel, Der Lias-Eisenstein von Harzburg; Berg- u. Hüttenm. Ztg., XXX, 1871, 21—23. — Knackstedt, Geologisches und Bergmännisches vom Harzburger Eisenstein; ebenda LXI, 1902, 168—172, 181—185.

stellenweise auch von 4,5—5 m, und sind reich an Versteinerungen mit erhaltener Schale.

Die von Stille veröffentlichten Analysen der Georgsmarienhütte zu Osna-brück ergeben folgende Werte:

I. Durchschnittsprobe vom Schwarzen Kreuz.

II. Durchschnittsprobe vom Antoniusschacht.

	I.	II.
Glühverlust . . . . .	20	23,16
SiO <sub>2</sub> . . . . .	15,64	14,80
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	10,71	9,93
Fe . . . . .	21,84	19,38
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	31,20	27,69
CaO . . . . .	18,44	22,28
MgO . . . . .	2,45	2,28
Mn . . . . .	0,25	0,26
Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	0,36	0,37
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0,53	0,46
SO <sub>3</sub> . . . . .	0,25	0,07.

Ob unter den Eisenerzen des Teutoburger Waldes wirkliche Oolitherze sind, wird noch genauer festzustellen sein.<sup>1)</sup> „Von dem oolithischen Erze des mittleren Jura in Luxemburg und Lothringen, mit welchem der Eisenstein verglichen worden ist, unterscheidet sich derselbe ganz wesentlich durch die Gestalt der Erzkörperchen, welche nicht, wie dort, linsen- oder eiförmig sind, sondern wie glatte eckige Bruchstücke eines zertrümmerten Minerals erscheinen.“<sup>2)</sup>

Bei **Markoldendorf** nahe Einbeck in der Provinz Hannover ist im mittleren Lias der Horizont des *Ammonites fimbriatus* und *Centaurus* als 3—4 m mächtiger Eisenoolith, derjenige des *Ammonites Jamesoni* als ein eisenreicher, wenig oolithischer Mergel entwickelt. Der Eisenoolith hat im frischen Zustand eine lauchgrüne, nach Verwitterung eine rostbraune Färbung. Auch die liegenden Schichten des *Ammonites armatus* und der *Terebratula subovoidea* sind oolithisch ausgebildet. Sie gehören sämtlich dem mittleren Lias an. Die erstgenannte Zone lieferte indessen die reichsten Eisensteine. „Ihre Hauptmasse ist körnig. Die Körner haben gemeinlich die Größe des Mohnsamens, selten nähern sie sich dem Kaliber der Hirse. Sie sind größtenteils sphäroidisch und von Eisenmergel eingehüllt.“ (Hausmann.) In dem Eisenerz kommt etwas Asphalt vor. Gegenwärtig findet bei Markoldendorf kein Bergbau mehr statt.

Bei Bodenstein nahe Lutter am Barenberge kommen in dem *Jamesoni*-Horizont dichte oder oolithische Roteisensteine vor, desgleichen am Sölenhai nächst Liebenburg und bei Dörnten nördlich von Goslar, bei Rottorf am Kley usw. Eine größere Bedeutung hatten zeitweise die Eisensteingruben am Kahleberg bei Echte am westlichen Harzrande, nördlich von Northeim; sie gehören ebenfalls der Zone des *Ammonites Jamesoni* und *brevispina* an und werden überlagert von Tonen und oolithischen Kalken mit *Ammonites Centaurus* und *Davoei*. Das Erzvorkommen ist etwa 2 m mächtig.

Der einzige wichtigere Bergbau auf Liaseisenerze in Deutschland ist gegenwärtig derjenige der Grube Friederike bei **Harzburg** am Nordrand des Harzes.

<sup>1)</sup> Eine von mir bei Altenbeken dem Horizont des *Ammonites Jamesoni* entnommene Probe ist kein Oolith, sondern ähnelt dem Harzburger Erz. Bergeat.

<sup>2)</sup> Manuskript von Frielinghaus im Archiv der k. Bergakademie und geol. Landesanstalt zu Berlin.

Die Erzlagerstätten gehören der überkippten mesozoischen Zone an, welche weithin den nordwestlichen Harzrand begleitet, und liegen unweit des paläozoischen Gebirgsabfalles. Die Flöze fallen zutage unter  $45^{\circ}$  gegen Süden ein und werden, der Überkipfung entsprechend, vom Keuper bedeckt; schon in 125 m Teufe beträgt das Einfallen  $68-70^{\circ}$ , und Knackstedt glaubt, daß schon in 200 m Teufe das Muldentiefste, soweit der Horizont der Eisenerze in Betracht komme, liegen müsse.

Die Gesamtmächtigkeit des Lias beträgt etwa 200 m. Er ist querschlägig aufgeschlossen in den Zonen  $\alpha-\delta$ . Man kennt innerhalb dieser Schichtenfolge eine große Anzahl von oolithischen, bald grünen, bald braunen Eisensteinen, welche durch tonige Zwischenmittel oder solche von eisenhaltigem Kalkstein getrennt sind und meistens kaum 1 m mächtig werden, während die Zwischenmittel Mächtigkeiten von meist mehreren bis vielen Metern erreichen. Die Stufe des Arietites Bucklandi und der Gryphaea arcuata (unterer Lias) enthält vier mächtigere Eisensteinlager innerhalb folgenden Profils (125 m-Sohle bei  $68-70^{\circ}$  Einfallen).

Jetziges Liegendes, geologisches Hangendes:

- 7,50 m dunkle schwarze Schiefertone,
1. Lager: 3,00 „ Eisenstein,  
2,25 „ Ton.
  2. Lager: 2,50 „ Eisenstein,  
3,00 „ Ton.
  3. Lager: 6,00 „ Eisenstein,  
1,00 „ schwarzer Schiefertone.
  4. Lager: 1,00 „ Eisenstein,  
25,00 „ schwarzer Schiefertone,  
18,00 „ dunkle, dickbankige Sandsteine mit geringen Schiefertone-lagen.

Jetziges Hangendes, geologisches Liegendes.

Bemerkenswert ist das Vorkommen eines 2 m mächtigen, braunen, oolithischen Eisensteins in der mittelliasischen Zone des Ammonites brevispina mit Gryphaea cymbium und Spiriferina rostrata, welches also vollkommen den sonst gleichfalls in der Zone des Ammonites Jamesoni verbreiteten Eisensteinen entspricht. Es liegt etwa 80 m im Hangenden der Hauptlager und ist früher abgebaut worden.

Die streichende Ausdehnung der Flöze ist nicht sicher festgestellt, dürfte aber zwischen 2 und 4 km betragen und sich besonders von Harzburg aus nach Westen erstrecken. Nach Osten zu sind sie 650 m weit durch den Grubenbau aufgeschlossen, wobei sich eine allmähliche Verkalkung der Lager konstatieren ließ; nach Westen zu wurde dem weiteren Vordringen zunächst bei 550 m durch eine spießbeckig (SO.—NW.) verlaufende Verwerfung Einhalt geboten, welche den westlichen Flözteil um 80 m nach Norden verschoben hat.

Für den Abbau kommen gegenwärtig nur die drei mächtigeren Flöze der Arietenzone in Betracht. Im allgemeinen besteht das Erz aus ellipsoidischen Körnchen von Brauneisenerz mit ebensolchem Bindemittel und oolithischem Aussehen. Sehr schwer erklärbar aber ist das Auftreten von zahlreichen, bis haselnußgroßen Eisensteinbrocken von gleicher Zusammensetzung inmitten der körnigen Massen. Sie haben gerundete Kanten und sind scheinbar Bruchstücke kompakteren

Erzes, die indessen keinen weiten Transport erfahren haben können. Ihre Form erinnert etwas an Bohnerze; da sie mit keinerlei Gangart verwachsen sind, ist der Gedanke ausgeschlossen, daß sie etwa von der Aufbereitung eines Ganges herrühren könnten. Vielleicht sind es schwach gerollte Brocken umfangreicherer Brauneisensteinknollen, die sich auf dem Meeresboden selbst gebildet haben.

Die Fossilien sind mit der Kalkschale erhalten und mit dem Eisenerzsand ausgefüllt; erwähnenswert ist auch das Vorkommen fossilen Holzes in dem Erz. Der Harzburger Eisenstein hat einen durchschnittlichen Gehalt von 44 % Eisen, 1—2 % Kalk und ist ziemlich phosphorhaltig. Neuerdings hat man auch ein ziemlich mächtiges Flöz eines grünen oolithischen Eisensteins in der Macrocephalenstufe des Doggers aufgeschlossen. Die Grundmasse desselben ist ein Gemisch von reichlicher toniger Substanz und Eisenspat, die weißlichen Oolithe selbst bestehen aus Spateisenstein. Im ganzen neigt überhaupt der untere und mittlere Jura gerade bei Harzburg zur Ausbildung von Eisenerzen. Im Jahre 1903 wurden zu Harzburg gegen 57 800 t Erz gewonnen.

Im untersten Lias des Departements Saône-et-Loire werden zu **Mazenay** und **Changes**<sup>1)</sup> oolithische Eisenerze in einem 0,6—2,5 m mächtigen Flöz von etwa 8 km Länge und 1 km Breite abgebaut. Man förderte im Jahre 1901 90 000 t; der Bergbau hatte im Jahre 1869 seine Höchstproduktion mit etwa 260 000 t. Die Erze von Mazenay besitzen einen bemerkenswerten Vanadinhalt, der sich bei der Umwandlung des daraus erzeugten Gußeisens in Stahl in den Schlacken derart anreichern läßt, daß die Creusotwerke jährlich 60 000 kg Vanadinsäure zu erzeugen vermochten.

**Die oolithischen Eisenerze des Doggers.** Der braune Jura ist weithin eine Eisensteinformation. In Süddeutschland und in Lothringen ist er schon durch seine Farbe als solcher gekennzeichnet; er enthält dort, wie in der Schweiz und stellenweise auch in Frankreich, nutzbare Lager von Eisenoolith.

In der fränkisch-schwäbischen Alb ist der braune Jura in der Zone des Ammonites Murchisonae (Braun-Jura  $\beta$ ) vorzugsweise, in der des Ammonites Parkinsoni und Macrocephalus (Braun-Jura  $\epsilon$ ) untergeordnet durch Eisenerzlager ausgezeichnet, welche sich mehr oder weniger ausgesprochen von Kulmbach bis nach Schaffhausen verfolgen lassen und in früherer Zeit sowohl in Franken wie in Schwaben an mehreren Orten Gegenstand des Bergbaues gewesen sind.

In Württemberg zieht sich innerhalb der Zone des Ammonites Murchisonae ein flözführendes Doggerband am Nordwestrand der Alb in südwestlicher Richtung bis nach Kirchheim unter Teck; jenseits dieses Ortes, also südwestlich davon, sind die entsprechenden Schichten fast rein tonig ausgebildet. Das hauptsächlichste württembergische Eisensteinvorkommen ist die mindestens seit 1866 abgebaute Lagerstätte von **Wasseralfingen**<sup>2)</sup> und Aalen nördlich von Ulm,

<sup>1)</sup> Fuchs et de Launay, Gites métallifères, I, 774—777, II, 93.

<sup>2)</sup> Haniel, Über das Auftreten und die Verbreitung des Eisensteins in den Jura-Ablagerungen Deutschlands; Ztschr. d. deutsch. geol. Ges., XXVI, 1874, 94—100. — O. Fraas, Geognostische Beschreibung von Württemberg, Baden und Hohenzollern, 1882, 98—104. — Th. Engel, Geognostischer Wegweiser durch Württemberg, 1883, 135—137. — Schall, Geschichte des k. württ. Hüttenwerks Wasseralfingen, 1896.

an der Bahn Ulm-Crailsheim. Der Dogger  $\beta$  besteht zu Wasseralfingen aus einem etwa 30 m mächtigen Komplex von eisenschüssigem oder tonigem Sandstein; außer geringmächtigen, sich bald auskeilenden Erzstreifen kennt man ein etwa 1 m mächtiges oberes und, durch etwa 10 m Zwischenmittel davon getrennt, ein unteres 1,6 m mächtiges Flöz. Das unmittelbare Liegende des unteren Flözes bildet ein 0,2—0,6 m mächtiger, harter, sandiger Kalkstein („Stahlstein“). Der Bergbau auf das obere Flöz mußte eingestellt

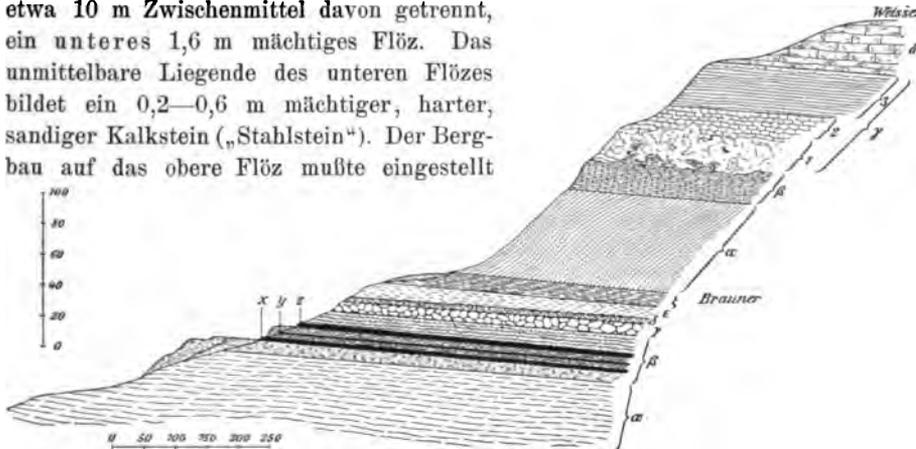


Fig. 56. Profil am Braunenberg bei Wasseralfingen. (Manuskriptskizze von E. Fraas, 1903.)<sup>1)</sup>  
 Braun-Jura:  $\alpha$  Opalinus-Tone 100—110 m;  $\beta$  Personatensandstein 10 m,  $\zeta$  unteres Eisensteinflöz 1,6 m, Sandschiefer 8 m,  $\gamma$  Zwischenflöz 0,7 m, Sandschiefer 6 m,  $\epsilon$  oberes Flöz 1 m, toniger Sandstein 6—9 m;  $\eta$  Sowerby-Kalk 6 m;  $\delta$  Giganteus- und Ostrea-Kalk 2 m;  $\kappa$  Parkinsoni-Oolith 9 m;  $\zeta$  Ornatenton 9 m. Weiß-Jura:  $\alpha$  Impressaton 50 m;  $\beta$  Biplex-Kalk 20 m;  $\gamma$  1 Schwammfelsen, 2 Planulaten-Kalk, 3 Aptychenton, zusammen 70 m;  $\delta$  Mutabillis-Kalke. — Maßstäbe in Metern.

werden, weil es sich mit der Zeit verdrückte und ärmer wurde. Das Erz ist ein sandiger, mit hirsekorngroßen Körnchen von Roteisenerz durchspickter Mergel, reich an Rutschflächen.

Nach Mitteilung des k. Hüttenamtes (1903) hat der Eisenstein folgende Zusammensetzung:

$\text{Fe}_2\text{O}_3$ . . . . .	49,62 (= 35 Fe)
$\text{SiO}_2$ . . . . .	28,71
$\text{Al}_2\text{O}_3$ . . . . .	9,12
$\text{Mn}_2\text{O}_3$ . . . . .	0,34
$\text{MgO}$ . . . . .	0,76
$\text{CaO}$ . . . . .	1,75
$\text{P}_2\text{O}_5$ . . . . .	0,73
Glühverlust . . . . .	9,03.

Bei Aalen, 1 Stunde nördlich von Wasseralfingen war überhaupt nur das untere Flöz bauwürdig. Auf bayerischem Gebiet sind die Flöze nicht mehr bauwürdig nachgewiesen worden.

Die Wasseralfingener Förderung gibt Haniel für 1874 noch zu 300 000 Ztr. an, während sie nach O. Fraas dortselbst im Jahre 1882 nur noch etwa 240 000 Ztr. (12 000 t) betrug; sie belief sich während des letzten Jahrzehnts ziemlich gleichbleibend auf rund 11 000 t jährlich. Aalen förderte nach O. Fraas 1882 3500 t. Die Verhüttung geschieht zu Wasseralfingen und Königsbronn.

<sup>1)</sup> Dem Herausgeber freundlichst zur Verfügung gestellt.

Auch an andern Orten Württembergs sind solche Erze abgebaut worden, so im Beginn des XVIII. Jahrhunderts bei Göppingen, ferner im XIX. Jahrhundert bei Kuchen, wo das Flöz 1,3—1,9 m mächtig ist.

Für die Ursprünglichkeit des Erzgehaltes spricht das Vorkommen von Versteinerungen, die mit wohl erhaltenen Kalkschalen in den Flözen selbst anzutreffen sind.

Zwischen Metzingen und Kohlberg ist der Dogger  $\beta$  tonig entwickelt, führt aber faustgroße Sphärosiderite, die früher abgebaut worden sind.

Nach einer Schätzung O. Fraas' liegen bei Wasseralfingen-Aalen auf einer Fläche von einer Quadratmeile 160 Mill. Kubikmeter Erz. Die Eisengewinnung im schwäbischen Jura ist in letzter Zeit gleichwohl mehr und mehr zurückgegangen.

In Franken bestand früher in der Gegend zwischen Staffelstein und Burgkunstadt Eisensteinbergbau auf Doggererzen der Zone des Ammonites Murchisonae. Die Flöze haben Mächtigkeiten von 0,25—1 m. Am wichtigsten waren die Gruben Kaiser Heinrich und Pauluszeche bei Vierzehnhelligen und die Concordiazeche bei Kordigast. Nach Gumbel enthalten die Erze bis zu 76 % Eisenoxyd oder 53 % Eisen.<sup>1)</sup>

Die bedeutendsten Eisenerzablagerungen Europas sind die sog. „Minetten“ **Deutsch- und Französisch-Lothringens und Luxemburgs.**<sup>2)</sup> Dieselben er-

<sup>1)</sup> Gumbel, Geologie von Bayern, II, 877. — Anonym, Berggeist XI, 1866, 250. — Stein, Über ein Eisenerzvorkommen im oberfränkischen mittleren Jura; Berg- u. Hüttenm. Ztg. XIX, 1860, 335.

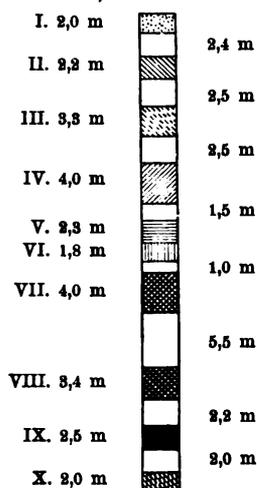
<sup>2)</sup> Braconnier, Richesses minérales du département de Meurthe-et-Moselle. Nancy-Paris 1872, 90—95, 201—205. — Giesler, Das oolithische Eisensteinvorkommen in Deutsch-Lothringen; Ztschr. f. Berg-, Hütten- u. Sal.-Wes., XXIII, 1875, 9—41. — van Werveke, Erläuterungen z. geol. Übersichtskarte der südl. Hälfte des Großherzogtums Luxemburg. Straßburg 1887. — Dasselbe in den Erläuterungen z. geol. Übersichtskarte des westl. Deutsch-Lothringen. Straßburg 1887, 83—99. — Ders., Profile zur Gliederung des reichsländischen Lias und Doggers und Anleitung zu einigen geologischen Ausflügen in den lothringisch-luxemburgischen Jura; Mitt. d. geol. Landesanst. v. Elsaß-Lothr., V, 1901, 165—246. — Ders., Bemerkungen über die Zusammensetzung und die Entstehung der lothringisch-luxemburgischen oolithischen Eisenerze (Minetten); Ber. über die Versamml. des oberrh. geolog. Vereins, 34. Vers. 10. IV. 1901, Lit. — Ders., Magneteisen in Minetten; Ztschr. f. prakt. Geol., 1895, 497. — Ders., Über die Beteiligung der Kieselsäure am Aufbau der oolithischen Eisenerze; Ztschr. f. prakt. Geol., 1894, 400. — Branco, Der untere Dogger Deutsch-Lothringens; Abh. z. geol. Specialkarte von Elsaß-Lothringen, II, 1. 1879, 20. — Wandersleben, Das Vorkommen der oolithischen Eisenerze (Minette) in Lothringen, Luxemburg und dem östlichen Frankreich; Stahl und Eisen, X, 1890, II, 677—690. Mit Karte der Grubenfelder. — Schrödter, Die Deckung des Erzbedarfs der deutschen Hochöfen in der Gegenwart und Zukunft; Stahl und Eisen, XVI, 1896, I, 244—248. — L. Hoffmann, Die oolithischen Eisenerze in Deutsch-Lothringen in dem Gebiete zwischen Fentsch und St. Privat-la-Montagne; Stahl und Eisen, XVI, 1896, II, 945—954, 988—998, Lit. — Ders., Magneteisen in Minetten; Ztschr. f. prakt. Geol., 1896, 68. — Ders., Das Vorkommen der oolithischen Eisenerze (Minette) in Luxemburg und Lothringen; Verh. d. naturh. Ver. der Rheinl. und Westf., LV, 1898, 109—133, Lit. — Villain, Sur la genèse des minerais de fer dans la région lorraine; Comptes rendus de l'académie des sciences, CXXVIII, 1899, 1291—1293. — Ders., Note sur le gisement de minerai de fer du département de Meurthe-et-Moselle; Bull. Soc. belge de Géologie etc., XIII, 1900, 116—127. —

strecken sich in einem 20—30 km breiten und über 100 km langen Streifen aus dem südwestlichen Teil Luxemburgs durch das westliche Deutsch-Lothringen und Französisch-Lothringen bis nach Nancy; im Norden hat Belgien nur einen sehr geringen Anteil an denselben. Sie liegen zwischen der Maas und Mosel und gehören der sog. Hochebene von Briey an, welche steil aus dem Moseltal emporsteigend u. a. die westlich Metz gelegenen Schlachtfelder trägt, sanft gegen Westen zu abfällt und durch eine Reihe von Flüssen, wie Alzette, Fentsch, Orne, Mance und Gorze durchfurcht und in Einzelplateaus zerschnitten wird, deren Höhe durchschnittlich 300 m über dem Meere, 200 m über der Mosel erreicht. Das Alter der Trias-Jura-Schichten nimmt von Osten nach Westen im allgemeinen ab, das Einfallen des Doggers ist im ganzen ein nordwestliches und beträgt durchschnittlich 2°, selten übersteigt es 7°.

Die Eisenerzflöze sind in ihren tiefsten Lagen wohl auch an den obersten Lias, hauptsächlich aber an den untersten Dogger mit *Trigonia navis* und *Ammonites opalinus* und an den Horizont des *Ammonites Murchisonae* gebunden und durch vorwaltende Mergel im Süden, durch vorherrschende Sandsteine im Norden des Gebietes voneinander getrennt. Von den Kalksteinen des mittleren Doggers ist die „Eisenerzformation“ allenthalben durch eine Mergelbank geschieden („hangender Mergel“).

Man kann ganz allgemein 5 Hauptlager unterscheiden, die allerdings nicht überall gleichmäßig entwickelt sind (s. das nebenstehende „Normalprofil“, Fig. 57), nämlich:

Unten: das schwarze Lager,  
das braune Lager,  
das graue Lager,  
das gelbe Lager,  
oben: das rote Lager.



I. Rot-sandiges Lager. II. Oberes rot-kalkiges L. III. Unteres rot-kalkiges L., rotes L. von Esch. IV. Rotes L. von Oberkorn. V. Gelbes L. von Düdelingen. VI. Gelbes L. von Algringen. VII. Graues L. VIII. Braunes L. IX. Schwarzes L. X. Grünes L. (lokal).

Fig. 57. „Normalprofil“ durch die Lothringer Minette. Die Zwischenmittel bestehen aus wechselnden kalkigen, sandigen, mergeligen und tonig-sandigen Schichten und geringmächtigen Erzlagern. (van Werveke, 1901.)

Albrecht, Die Minetteablagerung nordwestl. der Verschiebung von Deutsch-Oth; Stahl und Eisen, XIX, 1899, I, 305—316, 354—360. — Bennecke, Beitr. z. Kenntnis des Jura in Deutsch-Lothringen; Abh. z. geol. Specialk. v. Elsaß-Lothringen, Neue Folge, I, 1898. — Ders., Überblick über die palaeontologische Gliederung der Eisenformation in Deutsch-Lothringen und Luxemburg. Vorl. Mitteilung; Mitt. d. geol. Landesanst. v. Elsaß-Lothringen, V, 1901, 139—163. — Ansel, Die oolithische Eisenerzformation Deutsch-Lothringens; Ztschr. f. prakt. Geol., 1901, 81—94. — Kohlmann, Die Minetteablagerung des lothringischen Jura; Stahl und Eisen, XXII, 1902.

Diese Lager sind nicht absolut niveaubeständig, wie sich durch genaue paläontologische Feststellungen ermitteln läßt. Sie sind vielmehr lokale Eisenerzanreicherungen in etwas wechselnden Niveaus, allerdings innerhalb eines Spielraumes von sehr geringer vertikaler Ausdehnung. Die Gesamtmächtigkeit der Erzformation wird im Durchschnitt auf 32 m veranschlagt.

Durch Verwerfungen werden die Lager mitunter sehr erheblich gestört. Die meisten Störungen verlaufen NO.—SW.; von diesen besitzt der Sprung von Gorze-Metz bis zu 150 m, der von Deutsch-Oth 40—120 m, der von Fentsch bis 80 m, der von Neunhäuser bis 90 m Verwurfshöhe. Andere streichen NW. bis SO., sind weniger zahlreich und haben im allgemeinen geringere Verwerfungshöhen. Ferner zeigen die Schichten auch einen ganz flachen Sattel- und Muldenbau, so daß nur im großen westlichen Einfallen statthat.

Das Erzvorkommen besitzt seine größte Entwicklung im südlichsten Teil von Luxemburg und im nördlichen Deutsch-Lothringen auf der Hochfläche von Aumetz. In Luxemburg bedeckt die Minette eine Fläche von etwa 37 qkm, und der Bergbau findet in den beiden Gebieten von Belvaux-Lamadelaide und von Esch-Rümelingen statt. Außer den fünf Hauptlagern sind in jenem Gebiet noch eine Reihe akzessorischer entwickelt, und die Gesamtmächtigkeit der Erzformation beträgt zu Esch bis zu 46 m, die der Flöze allein bis zu 23 m. Am wichtigsten ist in Luxemburg das graue Lager mit 3—4 m Mächtigkeit und das 2—4 m starke rotkalkige Lager, das allerdings in etwa 10 Jahren abgebaut sein wird.

Deutschland hat an dem Vorkommen einen sehr bedeutenden Anteil: es besitzt einen Strich von 60 km Länge und 3—15 km Breite, d. i. ein Flächenraum von über 400 qkm. Die Hauptorte des Gebietes sind Redingen, Deutsch-Oth, Oettingen, Algringen und Hayingen. Auf deutschem Gebiet erreicht die Formation ihre größte Mächtigkeit von 61 m zwischen der luxemburgischen Grenze und Bollingen. Das rotsandige Lager keilt sich gegen Süden zu in der Nähe der Orne, das rotkalkige schon bei St. Privat aus. Am beständigsten ist das schwarze Lager. Das graue Lager ist bis gegen St. Privat bauwürdig und besitzt eine durchschnittliche Mächtigkeit bis zu 3,5 m, wird aber auch 10 m stark; daneben bilden die braunen Lager den Hauptgegenstand des Abbaues. In dem Gebiet nördlich der Fentsch liefert ein Hektar 95—165 000, zwischen der Fentsch und der Orne 75 000, zwischen letzterer und St. Privat 40—65 000, südlich von St. Privat höchstens 25 000 t Erz.

In Frankreich hat die Ausbeutung der Minette besonders im Departement Meurthe-et-Moselle einen großen Aufschwung genommen. Es arbeiten dort gegen 50 Gruben in 18 Minendistrikten. Sie liegen in den beiden getrennten Becken von Nancy und von Longwy-Briey, in der Gegend des Orneflusses. Das wichtigste dieser Gebiete ist das von Longwy mit einer Jahresproduktion (1901) von 1 778 000 t; im Jahre 1900 hatte dieselbe sogar 2 380 000 t betragen. Die größten Abbaue liegen bei Hussigny.

Bemerkenswert ist, daß man bei Ste. Marie-aux-Chênes unter den eigentlichen Doggererzen auch im Lias ein sog. „grünes Flöz“ erbohrt hat, welches stellenweise eine Mächtigkeit von 4,5 m besitzt. Für Frankreich ist das bis

9 m mächtige graue Flöz, das allerdings nur 2—4 m wirklich gewinnungswürdiges Erz enthält, von besonderer Bedeutung.

Von den zahlreich vorliegenden Erzanalysen seien nur die folgenden nach Hoffmann mitgeteilt:

	I.	II.	III.	IV.	V.
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . .	47,28	53,44	51,73	57,14	44,50
CaO . . .	10,16	9,20	12,30	9,50	5,30
SiO <sub>2</sub> . . .	15,82	6,80	8,46	7,50	33,60
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . .	6,37	} 9,96	} 4,17	5,00	4,20
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . .	1,76			1,80	1,60
MgO . . .	2,76	} nicht bestimmt	1,37	1,20	0,50
Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . .	nicht bestimmt		nicht bestimmt	0,25	nicht bestimmt
S . . .	nicht bestimmt		nicht bestimmt	Spur	Spur
Glühverlust .	15,51	19,60	20,98	17,50	10,70
	99,72	99,00	99,01	99,89	100,40
Fe . . .	33,10	37,41	36,21	40,00	31,15.

I. Schwarzes Lager bei Maringen.

II. Graues Lager bei Orne.

III. Gelbes Lager bei Orne.

IV. Rotkalkiges Lager bei Neufchef.

V. Rotsandiges Lager bei ?

Nach L. Blum enthält die luxemburgische Minette bis zu 0,01% Vanadium, das daraus dargestellte Thomasroheisen 0,015%. In der beim Erkalten dieses Roheisens abgesonderten Schlackenhaut fanden sich davon 2,56%.<sup>1)</sup>

Die Oolithe bestehen aus Brauneisenerz von konzentrisch-schaligem Bau, welches nach van Werveke wenigstens in manchen Lagern aus einem dem Glaukonit ähnlichen Silikat hervorgegangen ist, wie das mehr oder weniger häufige Auftreten dieses letzteren in dem grünen, schwarzen und grauen Lager beweist. Auch als Bindemittel der Oolithe findet sich stellenweise jenes Silikat. Das Erz enthält ferner bis zu 60% Eisenspat, etwas Magnetit, von dem van Werveke eine primäre Entstehung anzunehmen geneigt ist, und manchmal erhebliche Mengen von Pyrit (besonders im schwarzen Lager, für dessen tieferen Teil er geradezu charakteristisch ist.)<sup>2)</sup> Zinkblende, Bleiglanz und Kupferkies finden sich gelegentlich.

In verschiedenen Lagern kommen abgerollte Stücke einer stark bituminösen Steinkohle (Gagat) vor.

Die Gewinnung der Erze geschieht teils im Tagebau, und nur dann gehören sie dem Grundeigentümer, teils geschieht sie unterirdisch; man ist bis jetzt bis zu Teufen von etwa 200 m gelangt. Eine Erschließung der Erze auf französischer Seite hatte hauptsächlich mit Tiefbauen zu rechnen.

<sup>1)</sup> Berg- und Hüttenm. Ztg., LIX, 1900, 231.

<sup>2)</sup> „Den Bergleuten ist er zu einem Leitmineral für die Erkennung der unteren Grenzen der Erzformation geworden“ (van Werveke).

Die Erzerzeugung in Luxemburg betrug 1897 5 360 586 t; der noch vorhandene Erzreichtum wird auf 300 Mill. Tonnen geschätzt. 61% der Produktion sind 1897 exportiert worden, 123 Mill. des Vorrats sollen exportfähig sein. Schrödter berechnet daraus, daß Luxemburg nach etwa 30 Jahren kein Erz mehr ausführen, nach ungefähr 80 Jahren aber überhaupt keine Erze mehr besitzen werde.

Wandesleben hat den Gesamtminettevorrat auf deutschem Gebiet 1889 auf 2100 Mill., Schrödter 1896 auf 3200 Mill. Tonnen geschätzt. Neuerdings berechnet Kohlmann den Eisenerzvorrat Deutsch-Lothringens nur auf 1835 225 000 t, welche in etwa 225 Jahren erschöpft sein würden; denjenigen Frankreichs schätzt er auf 1300 Mill. Tonnen.

Die großartigsten Hüttenwerke Deutsch-Lothringens sind diejenigen bei Hayingen und Großmoyeuve.

Im Jahre 1902 belief sich die Eisenerzförderung Lothringens auf fast 7 600 000 t, diejenige Luxemburgs auf 4 455 000; die französische Minetteproduktion betrug im Jahre 1901 allein im Departement Meurthe-et-Moselle etwa 3 850 000 t, wovon weitaus der größte Teil unterirdisch gewonnen wurde. Für die vorhergehenden Jahre stellen sich die Ziffern sogar noch etwas höher und erreichten z. B. für Lothringen im Jahre 1900 fast 7 750 000 t, für Luxemburg 6 170 000 t.

Die Gewinnung der Minette im Gebiet der Reichslande ist neueren Datums und hat erst seit 1871 einen ungeheuren Aufschwung genommen. In früheren Zeiten verarbeitete man die Bohnerze, welche sich in Vertiefungen des Doggergebirges vorfanden, und ließ die phosphorreichereren oolithischen Eisenerze als technisch wertloses schlechtes Erz („minette“) unbeachtet.

In den Schweizer Alpen ist der braune Jura in seinen oberen Stufen als Eisenoolith entwickelt, der mehrere Meter mächtig wird. An der Windgällen<sup>1)</sup> bei Amsteg in Uri ist er früher abgebaut worden; die 6 m mächtige Masse ist besonders interessant, weil sie nach C. Schmidt in ausgezeichneter Weise die Erscheinungen der Druckmetamorphose erkennen läßt. Die Grundmasse dieser Gesteine besteht aus Kalk, der durch Eisenoxyd rot gefärbt ist; die Oolithe sind in Magnetit umgewandelt und umrandet von grünlichen Aggregaten (Chamosit?), dabei bis zur Ausdehnung von 2 mm langgezogen. Auf Kluft- und Schichtflächen haben sich Ripidolith, Albit, Ankerit, Calcit, Siderit, Eisenglanz und Quarz angesiedelt. Wiewohl das Vorkommen über 2500 m hoch gelegen ist, war es früher doch Gegenstand eines Bergbaues.

Auch am Glärnisch hat man im XVI. Jahrhundert auf die Eisenerze des „Bleggioliths“ (Zone des Ammonites Parkinsoni) Bergbau getrieben.<sup>2)</sup>

Der mittlere Jura des südöstlichen Frankreich enthält gleichfalls an verschiedenen Orten Eisenerze. Dem Bajocien (unterer Dogger) gehören verschiedene mehr oder weniger untergeordnete Eisenerzlagerstätten an. So die seit 1889 auflässigen Vorkommnisse von Ougney im Jura, solche im Departement Nièvre

<sup>1)</sup> C. Schmidt, Geologisch-petrographische Mitteilungen über einige Porphyre der Centralalpen etc.; N. Jb., Beil. Bd. IV, 1886, 394—397, Lit. — Ders., Mineralien des Eisenooliths an der Windgällen im Canton Uri; Ztschr. f. Kryst., XI, 1886, 597—604. — Heim, Die Tödi-Windgällengruppe, 1878, I, 62.

<sup>2)</sup> Baltzer, Der Glärnisch, ein Problem alpinen Gebirgsbaues, 1873, 22—23, 33—34.

am Oberlauf der Loire, im Departement Aveyron in Zentralfrankreich und bei Privas an der Rhône.<sup>1)</sup> Im Callovien bei **La Voulte**<sup>2)</sup> nahe Privas im Departement Ardèche sind drei zusammen etwa 12 m mächtige, durch schieferige Mergel getrennte und teilweise oolithische Eisenerzflöze im Abbau.

**Oolithische Eisenerze im Malm.** Bei **Chamoson**<sup>3)</sup> im oberen Rhônetal (Wallis) findet sich oolithischer Chamosit im Oxfordkalkschiefer. Das Erz bildet zwei Linsen, von denen die eine 62 m lang und 12,4 m mächtig ist, und führt Versteinerungen.

Die Erzmasse am Haut-de-Cry bei Chamoson berechnet Schmidt<sup>4)</sup> auf 300 000—400 000 cbm, bei einem Eisengehalt von 30 ‰.

Im Jura der **Weserkette** ist an verschiedenen Stellen und zu verschiedenen Zeiten mit wechselndem Erfolg Eisensteinbergbau getrieben worden.<sup>5)</sup> Die Schichten des Wesergebirges fallen unter etwa 20—40° gegen NO. ein und gehören in der Gegend der Porta Westphalica den Horizonten zwischen der Stufe des Ammonites Parkinsoni und dem Kimmeridge an; nach Norden zu folgen in dem niederen Vorland die Schichten des oberen weißen Jura und die untere Kreide.

Oolithische Eisensteine werden jetzt gewonnen bei Heverstedt, westlich der Porta im Macrocephalen-Horizont und besonders bei Kleinen-Bremen, östlich derselben und südlich von Bückeberg, im Korallenoolith. Die Grube Wohlverwahrt baut zwei Roteisensteinflöze von 4 bzw. 2,50 m Mächtigkeit ab, welche von oolithischem Kalkstein begleitet werden. Die Erze sind ausgezeichnete Oolithe und enthalten zahlreiche Fossilien mit erhaltener Kalkschale, Pyrit und anthrazitartige Kohle. Das mächtigere Flöz besitzt einen Eisengehalt von etwa 25 ‰, das weniger mächtige einen solchen von 40—43 ‰. Der Phosphorgehalt beträgt 0,1—0,5 ‰. Auf der Grube Victoria, 6 km westlich von Kleinen-Bremen, sind gleichfalls im Oxford zwei oolithische Roteisensteinflöze von 2,5 m bzw. 2 m Mächtigkeit erschlossen worden. Der Eisengehalt des ersteren betrug nur etwa 22 ‰, der des zweiten bis zu 45 ‰. Doch nahm der Adel des letzteren allseitig ab; das Flöz behielt zwar seine Mächtigkeit bei, ging aber allmählich in oolithischen Kalkstein über.

Die vier längs der Weserkette im Betrieb stehenden Eisensteingruben förderten im Jahre 1901 über 88000 t; die Produktion war indessen in der Abnahme begriffen.

<sup>1)</sup> Fuchs et de Launay, Gîtes minéraux, I. 785—786.

<sup>2)</sup> Fuchs et de Launay, l. c. 786—787.

<sup>3)</sup> Deicke, Berg- u. Hüttenm. Ztg., 1858, 337. — Über die Struktur und Zusammensetzung des Chamosits s. C. Schmidt, l. c. in Ztschr. f. Kryst.

<sup>4)</sup> Nach einem vor der Baseler naturf. Gesellschaft im Jahre 1902 gehaltenen Vortrag.

<sup>5)</sup> F. Roemer, Die jurassische Weserkette; Ztschr. d. deutsch. geol. Ges., IX, 1857, 581—728, bes. 618. — von Dücker, Über die Lager von oolithischen Eisenerzen in der Gegend von Minden; Verh. naturhist. Ver. f. Rheinl. u. Westf., XXXII, 1875, 57—58. — Ders., Geologische Mitteilungen aus Westfalen; ebenda XLI, 451—454. — Wiesé, Das Vorkommen von oolithischem Roteisenstein im Wesergebirge bei Minden; Giessener Inaug.-Diss., 1903. — Dasselbe, Ztschr. f. prakt. Geol., XI, 1903, 217—231. — D. Brauns, Der obere Jura im nordwestlichen Deutschland, 1874, 43—44.

## Die hauptsächlichsten Juraeisensteine Englands.

In der zweiten Hälfte des XIX. Jahrhunderts haben die jurassischen Eisenerze Mittelenglands<sup>1)</sup> eine hohe Bedeutung für die englische Eisenindustrie gewonnen. Während noch in den fünfziger Jahren die Produktion an mesozoischen Erzen dort nur etwa 10 % der Gesamteisenerzförderung ausmachte, beträgt sie jetzt etwa 50—60 % derselben, wiewohl die Produktion selbst sich auf das anderthalbfache gehoben hat. Hingegen sind die Kohleneisensteine in den Hintergrund gedrängt worden.

Der von Cleveland an der Ostküste über Lincoln, Northampton und Bath quer durch das Königreich bis zur Halbinsel Portland im Süden sich erstreckende Jurazug führt an zahlreichen Orten und in verschiedenen Horizonten Eisensteine.

Im unteren Lias (*Ammonites Bucklandi*) kommen Erze vor, welche im Ausstrich zu Brauneisen umgewandelt, im frischen Zustand aber durch Eisensilikate grün gefärbt sind. Oolithische Struktur ist stellenweise und in unregelmäßiger Verbreitung zu beobachten. Die in dem Erz in großen Massen auftretenden Fossilien sind zum großen Teil mit kalkiger Schale erhalten, zum kleineren ganz oder teilweise in Eisenspat oder Brauneisenerz umgewandelt. Das wichtigste Vorkommen dieser Erze ist das von Frodingham in Nord-Lincolnshire bei Hull.

Die hauptsächlichsten jurassischen Eisenerze Englands finden sich indessen im mittleren Lias von **Cleveland**. Sie sind über eine nahezu 1000 qkm umfassende Fläche verbreitet, gewährleisten aber nur zum geringsten Teil einen aussichtsvollen Bergbau. Ihrer geologischen Stellung nach gehören die drei Eisensteinflöze den Zonen des *Ammonites margaritatus* und *spinatus* an; das fast einzig bauwürdige, gegen 4 m mächtige Hauptflöz liegt im Horizont des letzteren. Dasselbe fällt, wie die Juraformation überhaupt, schwach gegen Südosten ein und wird zumeist im Tagebau, zum Teil sogar in einigen hundert Meter tiefen Schächten abgebaut.

Das Erz ist im frischen Zustand gleichfalls ein graugrüner Eisenstein von manchmal oolithischer Struktur und im Ausstrich zu Brauneisenerz verwittert. Die Schalen der Fossilien sind nur stellenweise in Eisenspat umgewandelt, im übrigen allgemein kalkig. Die große Menge der in dem frischen Erz enthaltenen Kohlensäure beweist, daß ein erheblicher Anteil des Eisens an Karbonat gebunden ist. In geringer Menge kommt Magnetit in dem frischen Eisenstein vor, was bemerkenswert ist, weil solcher auch in der Lothringer Minette auftritt.

Das Hauptflöz ist keine ganz reine Masse, sondern mehrfach durchlagert von Schiefertönen, in welche die Lias-Eisensteinformation überhaupt eingebettet ist.

Analysen von Clevelanderz aus drei verschiedenen, von oben nach unten folgenden Horizonten ergeben:

---

<sup>1)</sup> Phillips and Louis, *Ore deposits*, II. Aufl., 256—263. — Kendall, *The iron ores of Great Britain and Ireland*, 1893, 200—247.

	Top Block	Main Block	Bottom Block
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	3,55	3,95	1,15
FeO . . . . .	39,01	40,85	39,50
Fe . . . . .	32,83	34,54	28,73
SiO <sub>2</sub> . . . . .	10,90	6,00	19,90
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	10,62	12,66	17,87
CaO . . . . .	1,70	Spur	1,56
MgO . . . . .	3,19	3,19	2,31
S . . . . .	Spur	Spur	0,13
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	2,08	2,49	2,50
CO <sub>2</sub> . . . . .	25,26	26,16	5,54
H <sub>2</sub> O . . . . .	3,69	4,70	9,14

Es verdient in Anbetracht des geringen Schwefelgehaltes dieser Erze erwähnt zu werden, daß sich im Liegenden des Top Block ein Flöz von etwa 0,12 m Mächtigkeit befindet, das zu 53 % aus Schwefelkies besteht.<sup>1)</sup>

Der Erzgehalt der reichsten Flözpartien beträgt bis zu 50000 t per acre (= 4050 qm); ihre mächtigste Entwicklung besitzen diese Erzlager bei Eston nahe Lincoln.

Ähnliche Eisenerze kommen im oberen Lias von Leicestershire und Oxfordshire vor. Indem wegen dieser auf die Zusammenstellungen Kendalls verwiesen sei, sollen hier nur noch die wichtigen Eisenerzlager im unteren Dogger, im Liegenden des Great oolite erwähnt werden, welche besonders bei **Northampton** zwischen London und Birmingham entwickelt sind. Der dortige untere Dogger ist bekannt unter dem Namen der Northampton sands; dieselben besitzen im ganzen eine Mächtigkeit von etwa 24 m bei folgender Schichtenentwicklung:

- Oben: Weißer oder grauer Sand und Sandstein mit Pflanzenresten 3,6 m.
- Eisenschüssiger, manchmal kalkiger Sandstein . . . . . 9 "
- Rauher oolithischer Kalkstein . . . . . 1,2 "
- Eisenstein mit Ammonites bifrons, opalinus, Murchisonae usw. 10,5 "

Liegendes: Oberer Lias.

Das unverwitterte, teilweise oolithische Erz enthält 60—80 % FeCO<sub>3</sub> und im übrigen großenteils Sand, Glimmer, daneben etwas Magnetit usw. Durch Verwitterung entsteht Brauneisenstein. Im lufttrockenen Zustand besteht der Eisenstein unter anderen aus 23—40 % Fe, 0,7—2 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 1—11 % CaO und 11,5—23,5 % SiO<sub>2</sub> samt unlöslichen Silikaten. Die Eisenerzproduktion in Cleveland, Northamptonshire und Lincolnshire betrug in den letzten Jahren bzw. 5—6000000, 1200000 und 1000000—1500000 t. Im ganzen wurden im Vereinigten Königreich im Jahre 1901 12500000 t Eisenerz gefördert.

<sup>1)</sup> Es sei da an das Pyritvorkommen in dem liegendsten Minetteflöz Lothringens erinnert.

In der Provinz Hannover und in Braunschweig führt der Hils<sup>1)</sup> an zahlreichen Orten, insbesondere in der Umgebung von **Salzgitter**, mehr oder weniger mächtige und reiche Einlagerungen von konglomeratisch ausgebildetem Brauneisenstein. Bei Salzgitter liegen diese Ablagerungen auf dem oberen Lias.

\* Im großen ganzen haben die Schichten das Aussehen eines Brauneisensteinkonglomerates, weshalb man sie auch als „Hilskonglomerat“ zu bezeichnen pflegt. Abgesehen von dem Vorwalten großer Brauneisensteinbrocken besitzen sie indessen viel Ähnlichkeit mit dem Eisenerz von Harzburg, welches gleichfalls häufig einem Konglomerat gleicht, im übrigen aber mehr „oolithisch“ ausgebildet ist. Das Erz bildet entweder winzig kleine, rundliche Körnchen, oder flache, ellipsoidische Geschiebe von der Größe eines Hanfkorns, oder nur schwach gerundete, scherben- oder splitterförmige Brocken von verschiedener Größe, auch buckelige, unregelmäßig gestaltete und löcherige Knollen von glatter Oberfläche und konkretionärem Aussehen. Daß die Eisenerzbrocken wenigstens teilweise Konkretionen sind, ist zweifellos und geht manchmal aus ihrem schaligen Bau und daraus hervor, daß sie Gesteinsbruchstücke umhüllen. Kiesknollen sind häufig; sie umschließen mitunter kohlige Pflanzenreste.

Die Eisenerze sind bald schmutzigrün, von glaukonitischem Aussehen, bald sind es Brauneisensteine, und in den reicheren Lagern von Salzgitter haben die Körnchen und Trümmer und das Zement die gleiche Farbe. Bei der Behandlung mit Salzsäure hinterlassen sie viel tonige Substanz. Sowohl die kleinen wie die größeren Körner und Brocken zeigen ebenso wie die Kalkschalen der umschlossenen Hilfsfossilien die Anzeichen einer Anätzung, wodurch sie wie narbig aussehen. Die reicheren Erze bestehen nur aus Eisenerz und bei kleinem Korn sind sie von sog. oolithischen Erzen nicht zu unterscheiden. Einschlüsse anderer Gesteine und von Versteinerungen aus älteren Schichten sind verhältnismäßig selten, sie sind dann gern kantig und wenig abgerollt. Bezeichnend ist auch das Vorkommen vollkommen erhaltener zarter Pectenschalen, was darauf hinweist, daß die Brandung nicht sehr intensiv gewesen sein kann und daß man die Eisensteine wohl nicht nur als Aufbereitungsprodukte älterer Sphärosiderite aufzufassen braucht. Vor allem ist in dieser Hinsicht auch wichtig, daß die Erze bei Salzgitter und Dörnten den sehr weichen Schichten des oberen Lias aufruhem.

Nach allem ist es am wahrscheinlichsten, daß die Hilseseisenerze in ihrer Hauptmasse am Harzrand aus einem Eisenschlamm entstanden sind, der dem Meere von der Küste her unter gleichzeitiger Zerstörung älterer, eisenhaltiger mesozoischer Schichten zugeführt wurde und unter dem Einfluß einer leichten Wellenbewegung auf flacher Küste verhärtete; diese tonigen Brauneisenabsätze haben vielleicht teilweise von Anfang an die Gestalt oolithähnlichen Sandes angenommen, der in das Zement des Eisenschlammes eingebettet worden ist; die größeren, teils eckigen, teils gerundeten Brocken sind dann vielleicht wieder aufbereitete und durcheinandergeschwemmte Bruchstücke von mehr oder weniger

<sup>1)</sup> G. Boehm, Beiträge zur geognostischen Kenntnis der Hilsmulde; Ztschr. d. deutsch. geol. Ges., XXIX, 1877, 215—251. — von Dechen, Die nutzbaren Mineralien und Gebirgsarten im Deutschen Reiche, 1873, 587—588.

verhärteten Erzlagen, zum Teil aber sicher abgerollte Eisensteinkonkretionen, die sich auf demselben Meeresboden bildeten. Sofern man in den Hilseisensteinen nur die Aufbereitungsprodukte älterer, z. B. liasischer Eisenerze erblicken will, ist es recht auffällig, warum dann nicht auch große Mengen von Trümmern der so weit verbreiteten oolithischen Eisenerze des mittleren und unteren Lias angetroffen werden, die gerade am Harzrand eine so wichtige Rolle spielen. \*

Bei Salzgitter beträgt die Mächtigkeit des Hilseisensteines von wenigen bis zu etwa 50 m. Früher wurde er dort auf verschiedenen Gruben, z. B. auf Bergmannstrost, der Finkenkule und zu Haverlah, abgebaut, welche jetzt liegen. Einen großen Bergbau treibt die Ilseder Hütte auf die ziemlich steil aufgerichteten Lager in der Georg-Friedrich-Grube unweit Dörnten. Derselbe lieferte 1901 etwa 62 000 t.

Der Eisengehalt des Erzes beträgt ca. 35 0/0; es ist phosphorreich und enthält Vanadium.

In der Hilsmulde, südwestlich Hildesheim, ist in früherer Zeit Eisenstein am Elligser Brinks und bei Delligsen abgebaut worden. Das Vorkommen hatte an ersterem Ort eine Mächtigkeit von etwa 4 m.

Im Departement Haute-Marne sind die oolithischen Eisenerze von **Wassy** und **Bailly-aux-Forges**<sup>1)</sup> von nicht unerheblicher Bedeutung. Sie gehören der unteren Kreide (dem Barrémien) an und treten in zwei übereinander liegenden Horizonten auf:

1. im Liegenden, unterlagert von Tonen, Sanden und Sandsteinen, das minerale de fer oolithique, 0,6—1,4 m mächtig. Die Oolithe liegen in einem Staßwasserton mit Pflanzenresten und Schalen von *Unio*, *Paludina*, *Cyclas* usw.;
2. die couche rouge von Wassy, mit *Natica*, *Corbis*, *Cerithium* usw.

Das Erz muß teilweise durch Waschung konzentriert werden; 1901 lieferte Wassy 110 000 t.

Längs des nördlichen Alpenrandes erstreckt sich eine Zone von oolithischen, dem mittleren Eocän<sup>2)</sup> angehörenden Eisenerzvorkommnissen. Dieselbe läßt sich mit Unterbrechungen nachweisen von Mattsee und dem Haunsberg nördlich von Salzburg über die Gegend von Siegsdorf-Kressenberg nahe dem Chiemsee, Neubeuern am Inn, Tölz an der Isar bis zum Grünten bei Sonthofen im Allgäu; ja auch in der Schweiz finden sich noch Andeutungen derselben bei Dornbirn, am Säntis, Lowerz und bis zum Thuner See.

Ihre hauptsächlichste Entwicklung besitzen die eocänen Eisenerzlager innerhalb Bayerns, wo sie zwischen der jungtertiären, stellenweise kohlenführenden Molasse des Vorlandes und dem cretaceischen und frühtertiären Flysch der Alpen in stark gestörter Lagerung eingekeilt liegen. Die Erze sind besonders am Grünten und noch länger und ausgiebiger am **Kressenberg**, südöstlich des Chiemsees abgebaut worden. Die Verhältnisse der letzteren sollen hier etwas eingehender besprochen werden. Nach Reis hat man es vorzugsweise mit zwei steil aufgerichteten Hauptflözen zu tun, einem solchen mit eisenoxydulreichem

<sup>1)</sup> De Lapparent, *Traité de Géologie*, 4. Aufl., 1900, 1274—1275. — Fuchs et de Launay, *Gîtes métallifères*, I, 788.

<sup>2)</sup> Gümbel, *Geogn. Besch. d. bayr. Alpen*, 579, Lit. — Ders., *Geologie von Bayern*, II, 202—205. — O. Reis, *Zur Geologie der Eisenoolithe führenden Eocän-schichten am Kressenberg in Bayern; Geognost. Jahresh.*, X, 1897, 24—49.

Zement, dem oberen „Schwarzflöz“, und einem mit eisenoxydreichem Bindemittel, dem unteren „Rotflöz“, zwischen denen sich noch eine Reihe von untergeordneten Mittelflözen einstellt. Die Flöze sind zwischen glaukonitführende, bald tonig-mergelige (Stockletten), bald sandige (Grünsande) Schichten eingelagert; Flöze und erzleeres Nebengestein sind reich an eocänen Fossilien, vor allem an Nummuliten und Seeigeln. Außer der petrographischen Entwicklung der Ablagerungen weisen auch Kohlenschmitzen, fossile Holzstücke und gewisse Reptilienreste auf eine Uferbildung hin. Quer- und Längsstörungen haben die Schichten betroffen, und vor allem haben Überschiebungen früher den Anschein erweckt, als ob man es nicht mit zweien, sondern mit mehreren Flözen und mit einer viel größeren Mächtigkeit des eocänen Komplexes zu tun habe. Zu den auffallenden Störungen des Gebirges gehören auch hakenförmige Umbiegungen im Schichtenstreichen, deren intensivste, der sog. Maxhaken, sogar einer Umrollung gleicht.

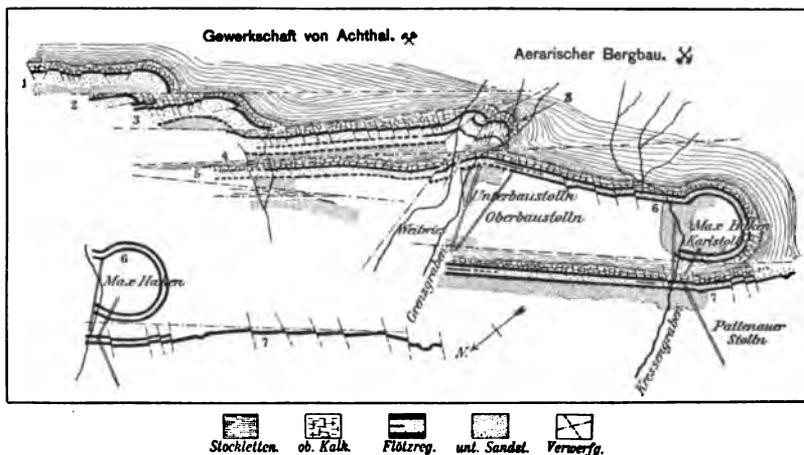


Fig. 58. Grundriß des Kressenberger Eisenerzvorkommens. 1 Ulrich-Flöz, 2 Fluchtgangl- und breites Flöz, 3 Knappenhaus-Flöz, 4 Christophs-Flöz, 5 Sigmund-Flöz, 6 Max und Josephs-Flöz, 7 Emanuel und Ferdinand-Flöz, 8 Mariä-Empfängnis-Flöz. (Reis, 1898.)

Die Mächtigkeit der Flöze erreicht 1—2 m, nur seltener sind sie etwas mächtiger; der Eisengehalt des Rotflözes beträgt 18—22, der des Schwarzflözes bis zu 35%. Letzteres hat einen Phosphorsäuregehalt von 0,55%. Die in den Erzflözen enthaltenen Fossilien sind zwar teilweise korrodiert und zeigen dann, wenn sie nicht selbst von einer Erzkruste umhüllt sind, an den Stellen der Berührung mit den Oolithen Eindrücke. Niemals aber sind sie wirklich in Erz umgewandelt, wie das der Fall sein müßte, wenn die Eisenoolithe sekundär aus Kalkoolithen hervorgegangen wären.

Auf den Kressenberger Flözen bestand bis 1881 staatlicher Bergbau neben einer privaten Unternehmung (Achtaler Gewerkschaft). Der erstere ist jetzt eingestellt.

Am Grünten<sup>1)</sup> im Algäu ist lange Zeiten hindurch ein Eisensteinbergbau umgegangen, dessen Gegenstand ähnliche Ablagerungen wie am Kressenberg waren. Die Flöze waren arm, das zu Sonthofen verschmolzene Erz lieferte nur etwa 20% Gußeisen, und der Betrieb ist jetzt in jenen Gegenden vollständig auflässig.

<sup>1)</sup> Gumbel, Geogn. Besch. d. bayr. Alpen, 628. — Ders., Geologie von Bayern, II, 114.

In der Schweiz hat man ehemals zu Lowerz eocäne „Linsenerze“ abgebaut.

Zu den oolithischen Eisenerzen gehören vielleicht auch diejenigen im obersten brackischen Pliocän (pontische Stufe) der Halbinsel Kertsch,<sup>1)</sup> d. i. der südöstliche Teil der Halbinsel Krim. Die 6—16 m mächtigen, von den obersten pliocänen und von quartären Schichten bedeckten Erzablagerungen bestehen aus einem ockerigen Ton, der ganz erfüllt ist von konkretionären, scheinbar konzentrisch schalig gebauten Körnchen und unregelmäßig geformten Brocken von Brauneisenerz. Dieselben erreichen Durchmesser bis zu 10 mm. Der Eisengehalt beträgt bis zu 40, manchmal auch bis zu 48 ‰, der Mangangehalt wechselt zwischen 0,4—9 ‰; die Erze sind sehr phosphorhaltig infolge eines Vivianitgehaltes. Im Jahre 1900 wurden 213000 t gefördert.

\* Der weitaus größte Teil der oolithischen und oolithähnlichen Eisenerze ist zweifellos sedimentären Ursprungs, wenn auch für sie manchmal eine metasomatische Entstehungsweise behauptet worden ist. So hat man für die englischen Jura-Eisenerze angenommen, daß dieselben metasomatisch aus Kalkoolithen hervorgegangen seien, und dasselbe haben Haniel<sup>2)</sup> und D. Brauns<sup>3)</sup> für die oolithischen Juraerze Deutschlands behauptet. Der Grund für diese Auffassung, welche, soweit wenigstens deutsche Erze in Betracht kommen, schon bei etwas genauerer Betrachtung der Struktur- und Lagerungsverhältnisse und des Zustandes der umschlossenen, wohlerhaltenen Versteinerungen hinfällig wird, ist jedenfalls darin zu suchen, daß man die Anhäufung so großer Eisenerzmassen aus dem Meere für unmöglich hielt.<sup>4)</sup>

Villain hat deshalb geglaubt, daß das Eisen der Lothringer Minette durch Thermalspalten (sog. Nährspalten, failles nourricières), deren Lage sich änderte und die heute noch teilweise in den Verwerfungen erkennbar sein sollen, als Karbonat nach dem Grunde des Jurameeres gefördert worden sei, wo es sich, in Hydroxyd verwandelt, in Form großer Schuttkegel ausbreitete. Von mehreren Seiten ist diese Hypothese zurückgewiesen worden.

<sup>1)</sup> Trassenster, *L'industrie charbonnière et sidérurgique de la Russie méridionale*; *Revue univ. d. Mines*, XXXIV, 1896, 195—199. — Bayard, *Note sur les gisements de minerais de fer des presqu'îles de Kertsch et de Taman (Russie)*; *Ann. d. Mines* (9), XV, 1899, 505—522. — Cordeweener, *La crise industrielle russe*; Krivoï-Rog, le Donetz, Kertsch. 1902, 237—248, Lit.

<sup>2)</sup> *Ztschr. d. deutsch. geol. Ges.*, XXVI, 1874, 118.

<sup>3)</sup> *Der untere Jura*, 1881—82.

<sup>4)</sup> \* Judd sagt, es sei ganz unverständlich, wie die Tiere, deren Reste als Versteinerungen in den Erzen von Northamptonshire vorkommen, in einer konzentrierten Eisenlösung hätten existieren können, und nimmt deshalb eine metasomatische Entstehung des Erzes an. Man könnte dann mit ebensoviel oder ebensowenig Recht fragen, wie die in Kalksteinen überlieferten Tiere in einer konzentrierten Kalklösung leben konnten \*. — Die metasomatische Bildung der englischen Juraerze wird behauptet von Judd, *The mode of formation of the Northamptonshire iron ore*; *Quart. Journ.*, XXVI, 1873, 13. — Hudleston, *Proceed. of the Geol. Assoc.* IV; beide zitiert von Kendall. — Kendall, *The Iron ores of Great Britain and Ireland*, 317.

Darf man auch eine sedimentäre Entstehung<sup>1)</sup> für viele oder vielleicht für alle in Rede stehenden Erze annehmen, so drängen sich doch vor allem zwei Fragen auf: erstens die nach der Herkunft des Erzes und zweitens die nach den Ursachen seiner besonderen Erscheinungsweise.

Im allgemeinen ist ein Zusammenhang zwischen vulkanischen Eruptionen und der Ablagerung der oolithischen Erze nicht nachzuweisen; nur bei den silurischen Thuringiten und Chamositen Böhmens, des Fichtelgebirges und Thüringens konnte ein solcher vermutet werden.

Es spricht alles dafür, daß die oolithischen und oolithähnlichen Eisenerze in wenig tiefer See nahe alten Küsten gebildet sind: so das Vorkommen abgerollter Stücke des liegenden Gebirges, mitunter mit charakteristischen Versteinerungen oder mit den Löchern von Bohrmuscheln (Salzgitter), das Auftreten von Holzresten, die Versteinerungsführung, mitunter ihre Transgression über ältere Schichten und die zweifellose Abrollung der manchmal in ihnen enthaltenen größeren Erzknollen. Es liegt deshalb sehr nahe, die Anhäufung des Eisenerzes durch Zufuhr von Lösungen zu erklären, die sich durch die Zerstörung eisenhaltiger Gesteine des festen Landes bildeten. Bei der Betrachtung der Erzflöze von Salzgitter oder Harzburg gewinnt man den Eindruck, als ob in seichtem Meere eine ähnliche Anhäufung von eisenhaltigem Schlamm vor sich gegangen sei, wie sie heute in Binnenseen noch zur Entstehung der Seeerze führt. Das konkretionäre Aussehen der Brauneisensteinknollen in jenen Lagern erinnert etwas an diese Bildungsweise; ihre Abrollung weist mit Bestimmtheit darauf hin, daß die Ausscheidung des Eisenerzes in bewegter See und daher unter lebhafterem Luftzutritt stattfand, woraus sich erklären würde, weshalb sich in der Regel das Eisenhydroxyd und nicht das in ähnlichen Schichten häufige Eisenoxydulkarbonat (Toneisenstein) bildete. Im übrigen macht manches, wie die Struktur der Erze von Salzgitter, wahrscheinlich, daß sich auch zusammenhängende Eisenschlamm-lagen gebildet haben müssen, welche durch die Wasserbewegung aufgelockert und zerkleinert wurden.

Ist die primäre Entstehung von Hydroxyden des Eisens auch durchaus denkbar und bei Luftzutritt wohl auch allein möglich gewesen, so läßt sich die Annahme van Wervekes, daß in Lothringen die hydroxydischen Eisenerze ursprünglich teilweise nicht aus Eisenhydroxyd, sondern aus Glaukonit bestanden haben, welcher jetzt noch das Erz verschiedener Flöze bildet, auch für manche andere Eisenoolithe aussprechen, wie die obigen Einzelbeschreibungen zeigen. So sind im norddeutschen Lias, im „Hilskonglomerat“ und in den Kressenberger Erzen rote, braune und grüne Eisenerze aufs engste miteinander verbunden, und manchmal scheint es, als ob die beiden ersten nur durch Oxydation, die

<sup>1)</sup> Über die sedimentäre Entstehungsweise der oolithischen Eisenerz-lager siehe: van Werveke, Ber. d. Vers. d. oberrh. geol. Ver., XXXIV. Vers. 1901, Lit. — Reis, Geogn. Jahresh., X, 1897, 24—49. — Smith, Ztschr. f. prakt. Geol., 1894, 311. — Giesler, Ztschr. f. Berg-, Hütten- und Sal.-Wes., XXIII, 1875, 41. — Hoffmann (z. T.), Verh. natur. Ver. f. Rheinl. u. Westf., LV, 1898, 127—131. — Gümbel, Sitz.-Ber. math.-phys. Cl. bayr. Ak., 1886, 417—448. — Bleicher, Compt. rend. des séances de l'ac. des sciences 1892, 590—593.

schon unmittelbar nach dem Erzabsatz stattgefunden haben könnte, aus dem letzteren hervorgegangen seien. Da der Glaukonit ein eisenoxydulhaltiges Silikat ist,<sup>1)</sup> so dürfte auch seine Entstehung nur bei beschränktem Luftzutritt möglich gewesen sein, wie diejenige des Toneisensteines. Beide Erze kommen gemeinschaftlich vor, indem der letztere häufig Oolithe des ersteren enthält. Daß die Brauneisensteinoolithe häufig in Siderit eingebettet sind, dürfte nicht verwundern, wenn man annimmt, daß das Eisenoxydulsalz erst später, vielleicht unter etwas anderen Bedingungen, zwischen den oxydischen Erzkörnchen abgelagert worden ist. Das recht häufige Vorkommen besonders von Schwefeleisen mit den grünen Eisenerzoolithen dürfte gleichfalls für deren Entstehung in einem ziemlich sauerstofffreien Medium sprechen. Es darf auch nicht übersehen werden, daß die Oolithe mitunter selbst aus Siderit bestehen.

Die zweite Frage betrifft die Entstehung der allgemein mit Recht oder Unrecht so genannten Oolithe. Es wurde früher schon gesagt, daß manche der oolithähnlichen Eisenerzkörnchen eine Oolithstruktur nicht erkennen lassen, und es handelt sich jetzt darum, ob diese etwa anders entstanden sind als die eigentlichen Oolithe. Das scheint nicht der Fall zu sein. Man hat wohl versucht, die Entstehung der Oolithe auf tierisches und pflanzliches Leben, vor allem auf das Zutun von Foraminiferen zurückzuführen, und war besonders durch die Untersuchung des Glaukonits, der sich heute noch auf dem Meeresgrunde bildet, hierzu geführt worden; Gumbel<sup>2)</sup> hat denselben zuerst eingehender studiert. Die  $\frac{1}{15}$ —1 mm Durchmesser haltenden Körner bilden sich in geringerer Meerestiefe bald im Innern von Foraminiferengehäusen, bald aber umschließen sie solche. Ihre Entstehung soll aber nach Gumbel mit der Entwicklung kleiner Gasbläschen von Kohlenwasserstoff, Kohlensäure und Schwefelwasserstoff zusammenhängen, welche auf dem Meeresgrund den Ausgangspunkt für die Ausscheidung von Glaukonit, Schwefelkies oder Magnetit bilden sollen, indem sie auf die im umgebenden Meerwasser gelösten Stoffe einwirken. Jedenfalls haben die jetzt noch entstehenden Glaukonite alle Ähnlichkeit mit denjenigen, welche seit dem Cambrium in allen Formationen manchmal in so großer Menge (als Grünsande) zur Ablagerung gelangten. Sie sind stark eisenhaltig und gehen durch Verwitterung in braune Massen über. Die Zusammensetzung der von der „Gazelle“ auf der Agulhas-Bank südlich des Kaps der Guten Hoffnung gesammelten Glaukonite ist folgende:

SiO <sub>2</sub> . . . . .	46,90	MgO . . . . .	0,70
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	4,06	K <sub>2</sub> O . . . . .	6,16
Fe <sub>3</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	27,09	Na <sub>2</sub> O . . . . .	1,28
FeO . . . . .	3,60	H <sub>2</sub> O . . . . .	9,25
CaO . . . . .	0,20		<u>99,24</u>

Soweit bis jetzt die „Eisenerzoolithe“ mikroskopisch untersucht worden sind, hat sich ergeben, daß sie außer anorganogenen Mineralsplittern und

<sup>1)</sup> Der Glaukonit von Kressenberg enthält nach Haushofer 49,5 SiO<sub>2</sub>, 22,2 Fe<sub>3</sub>O<sub>3</sub>, 6,8 FeO, 3,2 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 8,0 K<sub>2</sub>O, 9,5 H<sub>2</sub>O.

<sup>2)</sup> Über die Natur und Bildungsweise des Glaukonits; Sitzungsber. k. bayr. Akad. d. Wiss., 1886, 417.

-Körnchen (vor allem von Quarz) auch Splitter von den verschiedensten Tierresten (Foraminiferenschalen, Bryozoen, Echinodermen, Brachiopoden usw.) umschließen, mitunter aber überhaupt keinen Kern enthalten. Dazu kommt, daß oolithische Eisensteine manchmal im Streichen in oolithische Kalksteine übergehen. Danach scheinen die Oolithe nichts anders zu sein als Konkretionen, in denen sich vielleicht zu Zeiten sehr langsamer Präzipitation die im Meere gelösten Stoffe ganz allmählich um Fremdkörperchen oder Gasbläschen ansiedeln oder schlammige Massen, wie das Eisenhydroxyd, sich zusammenballen. Die Oolithstruktur wäre dann nebensächlich und vielleicht nur abhängig von der Zeitdauer des Vorganges oder einem geringen Substanzwechsel während desselben. Eine Bewegung des umgebenden Wassers dürfte für das Zustandekommen der Oolithe notwendig sein. Betrachtet man die „Oolithe“ als einfache Konkretionen, so sind auch die größeren bohnerartigen Erzknollen, die im norddeutschen Lias usw. so häufig vorkommen und die auch in manchen Stücken der Lothringer Minette nicht fehlen und vielleicht allgemeiner verbreitet sein dürften, nicht merkwürdig.

Vielleicht dürfte es sich empfehlen, den Ausdruck „oolithische Eisenerze“, der so häufig mißbraucht wird, bei weniger studierten Vorkommnissen durch einen andern zu ersetzen und etwa von „konkretionären Brauneisen- oder Glaukoniterzen“ zu sprechen.

Der Chemismus dieser Eisenerzabscheidungen, vor allem des alkalihaltigen Glaukonits, bleibt auch hier in vieler Beziehung rätselhaft, und ebenso fehlt bisher eine physikalische Erklärung dafür, weshalb die Größe der als Oolithe bezeichneten Konkretionen fast allgemein in so engen Grenzen schwankt. Setzt man voraus, daß die Entstehung derselben nur in etwas bewegtem Wasser vor sich gehen kann, so würde die Massenzunahme der Körnchen insofern ihrem Wachstum von selbst eine Grenze setzen, als sie bei einer gewissen Größe nicht mehr bewegt werden könnten. Die jeweilige Größe der Konkretionen wäre dann zugleich ein Maßstab für die Intensität der Wasserbewegung, welche bei sehr feinoolithischem Erz nur eine sehr geringe gewesen sein könnte. \*

#### Die lakustren und brackischen Toneisensteine und Sphärosiderite.

Vor unseren Augen bilden sich heutigentages noch Eisenerzablagerungen in den Binnengewässern. In zweifellos lakustren, d. h. in süßen Wässern entstandenen Schichten der Vorzeit sind gleichfalls Eisenerzlagerstätten eine gewöhnliche Erscheinung und solche finden sich ferner in den Ablagerungen des flachen Meeresstrandes als „paralische“ Sedimente. Während aber die rezenten, in Seen, Stümpfen, Bächen und in Wiesen sich niederschlagenden Erze beinahe nur Brauneisensteine sind, kommt in den älteren Ablagerungen nur Eisenoxydulkarbonat vor, weshalb sich beide zunächst nur entfernt miteinander vergleichen lassen.

Weit verbreitet und recht gleichförmig wiederkehrend sind Sideritlagerstätten in Begleitung der Steinkohlenflöze. Man kennt sie wohl in allen Steinkohlengebieten. Das Erz besteht mitunter aus fast reinem Spateisenstein; meistens ist es aber verunreinigt mit mehr oder weniger Ton und kohligen und bituminösen Substanzen. Entweder bildet es dann zusammen-

hängende Gesteinsbänke oder Flöze und führt dann die Bezeichnung Kohleneisenstein oder Blackband; es zeigt dabei Übergänge in Kalkstein und in Steinkohle; oder das Erz tritt in linsenförmigen Konkretionen in Schieferletten auf. Solche Sphärosiderit-Nieren (kidney ores [kidney = Niere], nodules, pennystones) umschließen manchmal organische Reste, sind häufig septarienartig zersprungen und auf Klüften mit Kalk, Sulfiden usw. durchzogen. Die Bänke und Linsenstriche können sich in einer kohlenführenden Formation in vielfacher Wechsellagerung wiederholen.

Höchst merkwürdig und unaufgeklärt ist das Vorkommen des sonst nicht eben häufigen Nickelkieses (NiS) in den Sphärosideriten verschiedener Steinkohlengebiete.

Zu **Zwickau**<sup>1)</sup> in Sachsen kennt man auf Schacht II der Bürgergewerkschaft in den Schichten des unteren Flözzuges Linsen und dünne Bänke von Eisenstein. In der Sohle des Ludwigflözes kommen Einlagerungen von Blackband vor, welche bis zu 80 m im Streichen und 50 m im Fallen messen.

Im westlichen Teil des **Aachener Wormreviers**<sup>2)</sup> treten vielfach Nieren und auch Flöze von Kohleneisenstein auf, sie haben aber niemals eine besondere technische Bedeutung erlangt.

Kohleneisenstein mit 1,30—1,40 m Mächtigkeit bedeckt unmittelbar das Flöz Stinkert II; er ist zumeist arm, schieferig und enthält nur in der Mitte eine 40 cm dicke, mehr körnige und eisenreichere, dabei aber mit Schwefelkies imprägnierte Lage. Die armen Teile führen nur 13—16 ‰, die reicheren 41,4 ‰ Eisen, indessen 0,3—2 bzw. 0,8 ‰ Schwefel und bis zu 0,48 ‰ Phosphor. Dieses Eisensteinflöz hat eine ziemlich weite Verbreitung. In den Flözen Bruch kommt gleichfalls ein Kohleneisensteinlager vor. Vielfach, aber recht unbeständig findet sich Sphärosiderit.

Im **Saarbrücker**<sup>3)</sup> Gebiet treten sowohl in den unteren und mittleren Saarbrücker Schichten des Steinkohlengebirges, wie auch in den dem unteren Rotliegenden angehörenden Lebacher Schichten Eisenerze auf.

Die ersteren sind teils Linsen und Nieren, die sich zu „Nierenlagern“ zusammenhäufen, teils seltener schwache Flöze.

Als „Weißerz“ bezeichnet man die unveränderten, nierigen, im blauen Schieferton auftretenden Erze, welche auf Spalten Kalkspat, Eisenspat, Braunschat, Mesitinspat und Dolomit, Blende, Bleiglanz, Millerit, Arsenkies, Kupferkies und Pyrit führten; „Braunerz“ und „Roterz“ war verwittertes „Weißerz“, „Grauerz“ körniger Spateisenstein.

Die in den Lebacher Schichten auftretenden, manchmal sehr großen Sphärosideritlinsen (Knopfstriche) sind wegen ihrer häufigen Einschlüsse verschiedener Fisch- und Amphibienarten bekannt geworden.

Sowohl die Eisenerze des Carbons wie diejenigen des Rotliegenden sind in früherer Zeit verwertet worden.

Im **Ruhrkohlenrevier**<sup>4)</sup> ist im Anfang der fünfziger Jahre des vergangenen Jahrhunderts der Kohleneisenstein Gegenstand ausgiebiger Ge-

<sup>1)</sup> Mietzsch, Erläut. z. geol. Spezialkarte von Sachsen, Blatt Zwickau, 11.

<sup>2)</sup> Wagner, Beschreibung des Bergreviers Aachen, 1881, 36—37.

<sup>3)</sup> Nasse, Geologische Skizze des Saarbrücker Steinkohlengebirges. Teil I von „Der Steinkohlenbergbau des preußischen Staates in der Umgebung von Saarbrücken“ aus Ztschr. f. Berg-, Hütten- u. Sal.-Wes., XXII, 1884.

<sup>4)</sup> Bäumlér, Über das Vorkommen der Eisensteine im westfälischen Steinkohlengebirge; ebenda XVII, 1869, 426—478. — Runge, Das Ruhr-Steinkohlenbecken, 1892,

winnung geworden. Das Eisenerz ist bald kristallinischer, gelblicher bis schwärzlich-grauer, massiger und fast reiner Spateisenstein, bald echtes Blackband, das ist ein etwas toniger, durch Kohle und Bitumen dunkel gefärbter Spateisenstein, bald toniger Sphärosiderit in Nieren, eingebettet in Schieferton. Das Auftreten des letzteren ist unregelmäßig und deshalb von untergeordneter Bedeutung gegenüber den beiden erstgenannten Erzsorten.

Der Spateisenstein ist gebunden an die tiefste Flözsetage, nämlich an die „magere Flözpartie“, und tritt mit dieser in den westlichen, südlichen und südöstlichen Teilen des Kohlenbeckens auf. Die körnigen Spateisensteine fehlen den oberen Etagen völlig.

Ein mächtigeres Spateisensteinflöz ist bei Hattingen durch viele Mulden und Sättel meilenweit als Begleiter des Mausegatt- oder Hundsnockenflözes, des Leitflözes der mageren Partie, zu verfolgen. „Das Flöz besteht bei regelmäßigem Verhalten aus einem von wenigen Zollen bis  $4\frac{1}{4}$  Fuß mächtigen Packen, der meist keine Schichtung oder Zerklüftung zeigt und deshalb sehr fest ist. Die ganze Flözmasse ist aus dicht ineinander gelagerten kleinen kristallinischen Körnchen von meist weniger als 1 mm Größe zusammengesetzt. Die einzelnen Individuen sind gewöhnlich fein krummblättrig. Der Bruch erscheint daher feinkörnig schimmernd. Im großen ist er muscheliger und splitterig . . . Die Farbe des Eisensteines ist licht- bis schwärzlich-grau, da der Spateisenstein von kohligler Substanz mehr oder weniger durchdrungen ist.“ (Bäumler.) Auf Klüften finden sich Markasit und Arsenkies, seltener Bleiglanz und Zinkblende. Der Spateisenstein bildet keineswegs ein zusammenhängendes Flöz im eigentlichen Sinne, sondern linsenförmige Massen von sehr verschiedener Größe, bald nur wenige Zoll groß, bald Lagen von mehreren hundert Metern Ausdehnung. Das Erz war am besten entwickelt auf Zeche Müsen III; die verschiedenen „Mittel“ erreichten eine Mächtigkeit bis zu 1,5 m, bleiben aber gewöhnlich erheblich hinter derselben zurück. Die chemische Zusammensetzung des Erzes ist folgende (4 Analysen von Zeche Müsen III, Müsen IV, Müsen V—IX):

SiO <sub>2</sub> . . . . .	0,7 — 3,13	MgO . . . . .	0,45— 3,51
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	0,61— 3,27	ZnO . . . . .	Spur — 0,16
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	0,91— 4,14	CO <sub>2</sub> . . . . .	34,55—37,91
FeO . . . . .	49,90—54,80	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	Spur — 1,19
MnO . . . . .	0,25— 1,46	FeS <sub>2</sub> . . . . .	0,08— 0,30
CaO . . . . .	0,77— 2,82	H <sub>2</sub> O . . . . .	0,11— 0,70
	Organische Substanz . . . . .		0,21— 0,56
	Eisen . . . . .		41,02—45,66.

Die viel weiter verbreiteten Kohleneisensteine (Blackbands) bestehen „aus einem schwarzen bis grauen und braunen schieferigen Gesteine, matt bis schimmernd auf dem höchst feinkörnigen, in den ärmeren Varietäten fast erdigen Bruche. Die reicheren Varietäten besitzen ein spezifisches Gewicht von 2,8—3 und stehen in der Härte zwischen Kalkspat und Flußspat. Die schwarzen und schwärzlichen Varietäten zeigen auf dem glänzenden Strich ebenfalls schwarze und braune Farben. Der Bruch ist im großen schieferig, oder da, wo er die Absonderungsfächen verläßt, flachmuscheliger und dann oft wegen der spießeckigen Richtung gegen die feinen Schieferblättchen seidenartig glänzend.“ (Bäumler.)

In den ärmsten Abarten geht der Kohleneisenstein in Kohle oder Schiefer über; er stellt ein Gemisch von Siderit mit Ton und kohligler Substanz in den verschiedensten Verhältnissen dar. Pyrit und Markasit, Zinkblende, Bleiglanz, Kupferkies und Fahlerz, teils in Knollen, teils als Klüftfüllung, sind in ihm anzutreffen, Anthracosen und pflanzliche Reste werden von ihm umschlossen. Alle

im Kohlengebirge auftretenden Gesteine können sein Nebengestein sein, auch finden sich Kohleneisensteinflöze in allen Horizonten des ersteren. Im ganzen hat Bäumlér 14 verschiedene Blackband-Lager namhaft gemacht und 68 Analysen der Erze veröffentlicht. Demnach beträgt der Eisengehalt des ungerösteten Erzes bis zu 39,25, der des gerösteten aber bis zu 64<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, indem beim Rösten nicht nur die Kohlensäure, sondern auch das Wasser und der bis 36,25<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, im Durchschnitt 20<sup>0</sup>/<sub>0</sub> betragende Kohlegehalt entfernt wird. Der Phosphorsäuregehalt ist hoch, schwankt um 1<sup>0</sup>/<sub>0</sub> und erreicht in manchen Fällen über 2<sup>0</sup>/<sub>0</sub>.

Die Mächtigkeit der Blackband-Flöze ist keine große, sie beträgt für die einzelnen, allerdings häufig nur durch geringmächtige taube Lagen getrennten Bänke nur 0,25—1 m.

Von technischer Bedeutung sind die über und in dem Kohleneisenstein vorkommenden Phosphorite gewesen, sie wurden zur Superphosphatdarstellung benutzt. Der Phosphorit ist nach seinem äußeren Aussehen ganz ähnlich dem Blackband und stellt nur eine sehr phosphor- und kalkreiche und eisenarme

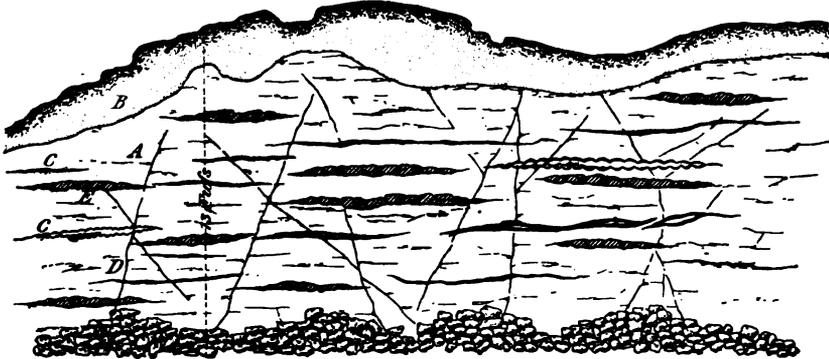


Fig. 59. Profil durch das Kohlengebirge bei Janow in Oberschlesien. A Schiefer-ton, B Sand, C Kohlenschmitze und Sigillarienstämme, D Klüfte, E Sphärosiderite. (F. Römer, 1870.)

Modifikation desselben dar, wie er denn gewöhnlich auch in bis zu 5 cm dicken Lagen in dem Kohleneisenstein angetroffen wird. In den von Bäumlér wiedergegebenen Analysen beträgt der Gehalt an  $P_2O_5$  bis zu 21<sup>0</sup>/<sub>0</sub>.

Im Oberbergamtsbezirk Dortmund wurden 1901 auf vier Gruben nur noch 15676 t Kohleneisenstein gefördert.

In der **oberschlesischen Steinkohlenformation**<sup>1)</sup> finden sich innerhalb der Schiefer-tone Toneisensteine in Sphärosideriten, seltener in Blackbandflözen. „Die Sphärosiderite sind in großen, linsenförmigen und knolligen Massen abgelagert, welche zuweilen wohl einige große Brote von mehreren Zentnern Gewicht liefern, aber nicht leicht mehr als wenige Lachter zwischen den Schiefer-tonschichten sich ausdehnen. Die Hauptförderungen liegen im Beuthener Stadtwalde in der Gegend von Antonienhütte, Friedenshütte und Ruda, wo die hangendsten Schichten der Steinkohlenformation zutage treten; ferner in der Gegend von Zalenze und südlich davon im Myslowitzer Walde bei Janow; endlich aber auch in der Gegend von Orzesze, Dabensko und Ornontowitz. . . . Was die Bildung dieser Sphärosiderite anbetrifft, so ist in Zalenze beobachtet worden, daß sie sich vorzugsweise über den flachen Einsenkungen der Steinkohlenflöze finden, nicht auf den zwischen denselben liegenden Erhebungen; es scheinen sich also die eisenerzhaltigen Lösungen an den tieferen Punkten konzentriert zu haben. — Zahlreiche, größtenteils aufrecht und unmittelbar auf

<sup>1)</sup> F. Roemer, Geologie von Oberschlesien, 1870, 531.

dem Steinkohlenflöz stehende Stämme finden sich in den eisenerzführenden Schichten.“ Der Gehalt der Sphärosiderite steigt bis zu 40%.

Im **Waldenburger** Kohlengebiet (Niederschlesien) kommt Blackband u. a. in mehreren Lagen zwischen den Flözen der Rudolfs- und Emilie-Anna-Grube bei Volpersdorf vor. „Auf der Grube Gustav bei Schwarzwalde bildet derber körniger Spateisenstein ein aus 3—4 Bänkchen von 2—4 Zoll bestehendes Flöz, aufliegend auf einer unreineren Kohle und bedeckt von festem Schieferton. Im Hangenden des Gotthelfgrubenfundflözes ebendasselbst wurde der Spateisenstein 10—15 Zoll mächtig. Sphärosiderit kommt häufig vor, fast nur in Form größerer oder kleinerer Knollen („Wacken“) eingelagert in Flözmittel oder auch im Hangenden und Liegenden der Flöze.“<sup>1)</sup>

Im Waldenburger Kreis sind im Jahre 1901 kaum 3300 t Sphärosiderite im Steinkohlenbergbau gefördert worden.

Die englischen Kohleneisensteine haben noch bis vor etwa 40 Jahren ungefähr  $\frac{4}{5}$  der riesigen, in **Großbritannien** erzeugten Eisenmenge geliefert; ihre Bedeutung für die Technik ist indessen seitdem wegen der zunehmenden Verwendbarkeit schlechterer Eisenerzsorten mehr und mehr zurückgegangen, und sie spielen jetzt überhaupt nur noch in Nord-Staffordshire und in Schottland eine Rolle.

Kohleneisensteine finden sich in den „Coal measures“ und im „Carboniferous limestone“.

In Wales kommen die Eisenerze besonders in der unteren, 150—280 m mächtigen Partie der Coal measures vor. Kendall<sup>2)</sup> gibt ein Profil durch die unteren Kohlenablagerungen von Dowlais und führt darin nicht weniger als 75 Kohleneisensteinbänke und Sphärosideritlagen von freilich sehr wechselnder Mächtigkeit auf. Die Erze sind bald lichtgrau, bald braun oder schwarz, häufig verwachsen mit Calcit, Dolomit oder Quarz, und enthalten in Hohlräumen Pyrit, Millerit, etwas Kupfererz und Hatchetin (ein Kohlenwasserstoff). Die Eisenerzlagen erreichen nur selten die Mächtigkeit von einem Fuß. Nachstehende Analysen von Riley sind dem Werke Kendalls entnommen:

	I.	II.
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	0,41	—
FeO . . . . .	41,03	48,76
MnO . . . . .	0,55	1,21
SiO <sub>2</sub> . . . . .	13,35	} 1,21
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	5,79	
CaO . . . . .	3,00	1,69
MgO . . . . .	3,36	2,61
K <sub>2</sub> O . . . . .	0,86	—
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0,70	0,58
S . . . . .	—	0,03
FeS <sub>2</sub> . . . . .	—	0,07
CO <sub>2</sub> . . . . .	28,49	33,09
H <sub>2</sub> O gebunden . . . . .	1,36	—
H <sub>2</sub> O hygroskopisch . . . . .	0,57	0,25
Organisches . . . . .	0,07	11,08
	99,54	100,58
Eisen . . . . .	32,18	37,8

I. Sphärosideritknolle.

II. Blackband.

<sup>1)</sup> J. Roth, Erläuterungen zu der geognostischen Karte vom niederschlesischen Gebirge und den umliegenden Gegenden, 1867, 332—333.

<sup>2)</sup> The iron ores of Great Britain and Ireland, 1893, 145—199, Lit.

Im Jahre 1872 betrug in Süd-Wales das Ausbringen an Kohleneisenstein noch 1100000 t, schon im Jahr 1890 indessen nur noch 40000 t.

Auch in Shropshire sind die Eisenerze hauptsächlich an die Schiefertone zwischen den unteren Kohlenflözen gebunden; sie bilden zumeist Nieren in denselben (pennystones). Im Beginn der 90er Jahre war die Eisensteinproduktion in dieser Landschaft bereits auf ein Zwanzigstel derjenigen in den 70er Jahren des vorigen Jahrhunderts gesunken.

Süd-Staffordshire hat 1875 noch 715000, 1890 nur noch 41000 t Kohleneisenstein gefördert. Der letztere kommt dort in der etwa 150 m mächtigen unteren Flözfolge der mittleren Coal measures vor.

In Nord-Staffordshire erreicht das produktive Kohlengebirge eine Mächtigkeit von 1800 m; die Eisensteine sind vorzugsweise 300—720 m unterhalb der oberen Formationsgrenze anzutreffen. Sie bilden gewöhnlich nur einige Zoll mächtige Lagen, die sich zu mehreren in kurzen Abständen folgen; zumeist sind es Blackbands. Die sieben Haupteisensteinflöze geben pro acre (= 4047 qm) Fläche beziehungsweise 5000, 4200, 1900, 2100, 2900, 2400 und 2900 t Erz von 37 % in den Sphärosideriten, 38 % in den Blackbands.

In Derbyshire ist die Erzeugung von Kohleneisensteinen von 493000 t (1871) auf 24000 t (1890) gesunken. Das Erz kommt nur als Sphärosiderit in der mittleren Flözabteilung vor und enthält im Mittel etwa 30 % Eisen.

In Yorkshire (West-Riding) liegt das hauptsächlichste Eisenerzflöz in der unteren, in Northumberland und Durham in der unteren und mittleren Flözabteilung.

In Schottland ist das Kohlenbecken von Ayrshire das an Eisensteinen reichste. Dieselben treten sowohl zwischen den Coal measures selbst wie auch im Carboniferous limestone auf. Der letztere ist von den ersteren durch den 250 m mächtigen Millstone grit getrennt und besteht in seiner oberen und unteren Abteilung aus Schiefertonen, Sandsteinen, Kalksteinen und (besonders in der oberen) aus Kohlenflözen; die mittlere Abteilung enthält keine Kalksteine, dafür aber — wie auch die untere — mehrere Eisensteinflöze, zumeist Toneisenstein. Auch hier ist die Mächtigkeit der Lager nur eine geringe, selten 0,3 m übersteigende. Die Blackbands enthalten 25—40 %, die Sphärosiderite 19—37 % Eisen.

Nachstehend folgen die Analysen I. eines Blackbands, II. eines Toneisensteines von Dalry, welche hier mit Mächtigkeiten von 0,1—0,28 m bzw. 0,3 bis 0,45 m die Haupterzlager bilden, und III. des Airdrie-Blackbands im Clyde-Becken:

	I.	II.	III.
Fe <sub>3</sub> O <sub>8</sub> . . . . .	—	—	0,23
FeO . . . . .	34,71	38,31	53,03
SiO <sub>2</sub> . . . . .	4,56	6,32	1,40
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	2,85	5,82	0,63
CaO . . . . .	5,02	8,75	3,33
MgO . . . . .	1,20	3,41	1,77
CO <sub>2</sub> . . . . .	26,47	34,04	35,17
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0,36	1,02	—
S . . . . .	0,36	0,23	—
FeS <sub>2</sub> . . . . .	0,32	0,20	—
Bitumen . . . . .	22,71	1,02	3,03
Wasser . . . . .	1,44	0,88	1,41
	100,00	100,00	100,00
Eisen . . . . .	27,32	30,00	39,40

In Böhmen führen die Sandsteine und Schiefertone der unteren Steinkohlenablagerungen in der Klein-Příleper Steinkohlenmulde Sphärosiderite.

Die meist brotlaibähnlichen Konkretionen sind durchschnittlich kopfgroß, manchmal aber auch ganz bedeutend größer.<sup>1)</sup>

Im Rotliegenden Böhmens finden sich gleichfalls faust- bis kopfgroße Knollen von Sphärosiderit mit 30—35 % Eisen, welche scheinbar keine technische Bedeutung erlangt haben.<sup>2)</sup>

Im russischen **Donetzbecken** enthalten einige Schiefertonebänke des dem oberen und unteren Carbon angehörenden Kohlengebirges Sphärosiderite. Stellenweise sind sie von Gips begleitet. Eine Verwendung scheinen diese Erze nicht zu finden. Die im Donetzbecken abgebauten Eisenerze sind eluvial und durch Verwitterung des Kohlenkalkes entstanden.<sup>3)</sup>

Kohleneisensteine finden sich in den **Vereinigten Staaten** von Nordamerika<sup>4)</sup> sowohl in der Jura-Triasformation (z. B. in Nord-Carolina) und in der Kreide- (in Montana, Wyoming und Colorado) wie ganz besonders in der Carbonformation. Im oberen produktiven Carbon kommen mehrere Lager bei Pittsburg vor. Einige Bedeutung erlangen diese Erze im unteren produktiven Carbon. Sie treten bald in zusammenhängenden Lagern, bald in Nieren inmitten von Schiefertonen oder von Konglomeraten auf und sind mitunter bis zu einiger Tiefe in Brauneisenerz umgewandelt. Im Tuscarawas-Tal im östlichen Ohio kennt man ein etwa 4 m mächtiges Blackbandflöz mit 25—35 % Eisen; in dem Hanging-Rock-Distrikt in Kentucky kommen Kohleneisensteine bald in Gesellschaft mit Kalkstein (limestone ores), bald in Tonschiefer und Schiefertone als Linsen (kidney ores) in mehreren Horizonten vor. Auch in Pennsylvania sind Blackbands verbreitet. In den Kohleneisensteinen ist der Phosphorgehalt zu meist ein hoher. Die Erze haben für die nordamerikanische Eisenindustrie keine Bedeutung; sie erreichen selten eine Mächtigkeit von 2 m, sondern sind meistens nur etwas über 0,3 m mächtig. Den Anthrazitgebieten Pennsylvaniens scheinen sie zu fehlen.

Kohlen- und Toneisensteine sind in der **indischen**<sup>5)</sup> unteren Gondwana-Formation (Perm) und in den Kohlenablagerungen des Miocäns weit verbreitet. Erstere liegen besonders in Palamow (südlich von Benares), letztere in Assam im Brahmaputra-Gebiet.

Im Wealden von **Südost-England**<sup>6)</sup> (in Surrey und Kent) kommt Toneisenstein in mehreren bis zu 45 cm dicken Bänken vor. Bis gegen das Jahr 1830, besonders aber zur Zeit billiger Holzkohlenbeschaffung im XVII. Jahrhundert wurden die Erze abgebaut und verhüttet. Jetzt sind sie ohne Bedeutung. Auch der kohlenführende Wealden Nordwestdeutschlands enthält solche Erze in weitester Verbreitung.

<sup>1)</sup> Vála und Helmhacker, Das Eisensteinvorkommen in der Gegend zwischen Prag und Beraun; Arch. d. naturw. Landesuntersuchung von Böhmen, II, 2. Abt., 1873, 99—407, bes. 330—352.

<sup>2)</sup> Czerweny, Die Eisenerze des südlichen Riesengebirges; Österr. Zeitschr. f. Berg- und Hüttenw., XXXI, 1883, 540.

<sup>3)</sup> Trasenster, L'industrie charbonnière et sidérurgique de la Russie méridionale; Revue univ. des Mines, XXXIV, 1896, 192—194.

<sup>4)</sup> Wedding, Das Eisenhüttenwesen der Vereinigten Staaten von Nordamerika; Ztschr. f. Berg-, Hütten- u. Sal.-Wesen, XXIV, 1876, 347—348. — Höfer, Die Kohlen- und Eisenerzlagerstätten Nordamerikas, Wien 1878, 255—259. — Kemp, Ore deposits, 1900, 106—109, Lit.

<sup>5)</sup> von Schwarze, Über die Eisen- und Stahlindustrie Ostindiens; Stahl und Eisen, XXI, 1901, 338—339.

<sup>6)</sup> Howkins, Das Vorkommen von Eisenerzen im Weald; Österr. Ztschr. für Berg- u. Hüttenw., XLV, 1897, 420.

Ganz allgemein treten auch Toneisensteine in den tertiären Braunkohlenablagerungen auf, wofür im nachstehenden nur einige Beispiele angeführt seien.

Sphärosiderite enthält das braunkohlenführende Miocän der **Kölner Bucht** und im **Westerwald**.<sup>1)</sup>

Im **böhmischen Braunkohlenbecken**, besonders bei Falkenau, Elbogen und Karlsbad kennt man im Liegenden und Hangenden des Kohlenflözes und in diesem selbst zerstreute Putzen, Nieren und selbständige Flöze von Braun- und Toneisenstein und Sphärosideriten, die lokal Wascheisensteine genannt werden.<sup>2)</sup>

Im braunkohlenführenden Oligocän **Oberschlesiens** kommen nach F. Roemer<sup>3)</sup> in der Gegend von Creuzburgerhütte, Carlsruh und Oppeln häufig 2—3 durch Lettenmittel getrennte, nesterartig begrenzte oder auch lagerartig aushaltende Toneisensteinmassen vor; sie werden bis zu 0,3 m mächtig und besitzen einen wechselnden Gehalt von 18—35 % Eisen. „In den miocänen Tertiärschichten (Oberschlesiens) finden sich sehr schöne und reine 30—40 %ige Toneisensteine in zusammenhängenden bis 15 Zoll mächtigen horizontalen Flözen bei Stanitz und Kieferstädtel 1 bis 1 $\frac{1}{2}$  Meilen südwestlich von Gleiwitz, welche dort bis zu 10 Lachtern Tiefe verfolgt und abgebaut werden. Im Jahre 1869 wurden hier 35350 Ztr. Erze gewonnen, welche auf den Holzkohlenhochöfen von Kuznicka mit 29,8 % ausgebracht wurden.“

### Die Rasen-, Sumpf- und Seeerze.

#### Literatur.

Kindler, Bemerkungen über die Bildung einiger Eisenerze; Pogg. Ann. XXXVII, 1836, 203—206.

Ehrenberg, Vorläufige Mitteilungen über das wirkliche Vorkommen fossiler Infusorien und ihre große Verbreitung; ebenda XXXVIII, 1836, 213—227, besond. S. 217.

Bischof, Chemische und physikalische Geologie, 1. Aufl., I. Bd., 1847, 940—949; 2. Aufl., I. Bd., 1864, 562—572.

Both, Chemische Geologie, I, 1879, 597—599.

Senft, Die Humus-, Marsch-, Torf- und Limonitbildungen, Leipzig 1862, 168—216, Lit.

A. Sjögren, Bildung von Eisenerzen (Seeerzen) durch Tiere; Berg- u. Hüttenm. Ztg., XXIV, 1865, 116.

Stapff, Über die Entstehung der Seeerze; Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges., XVIII, 1866, 86—173.

von Cotta, Erzlagerstätten, II, 1861, 248—250.

von Dechen, Die nutzbaren Mineralien und Gebirgsarten im Deutschen Reiche, 1873, 594—597.

Daubrée, Les eaux souterraines, II, 126—131.

Cronquist, Om sjömalms fyndigheten i Kolsnaren, Viren och Högsjön i Södermanlands län; Geol. Fören. Förh., V, 1880—1881, 402—414; Ref. N. Jahrb., 1882, II, — 51 —. — Ders., Om ockerlager vid Stråsjö i Jerfsö och Färila socknar, Helsingland; ebenda VIII, 1886, 214—220; Ref. N. Jahrb., 1889, I, — 481 —.

<sup>1)</sup> von Dechen, Die nutzbaren Mineralien und Gebirgsarten im Deutschen Reiche, 590—592.

<sup>2)</sup> Jokely, Die Tertiärablagerungen des Saazer Beckens und der Teplitzer Bucht; Jahrb. k. k. Reichs-Anst., IX, 1858, 523—525.

<sup>3)</sup> Geologie von Oberschlesien, 1870, 535.

Hj. Sjögren, Om de svenska jernmalmlagens genesis; Geol. För. Förh., XIII, 1891, 373—435; Ref. N. Jahrb., 1893, II, 273—277; danach Ztschr. f. prakt. Geol., 1893, 434—437.

Griffin, The manufacture of charcoal-iron from the bog- and lake-ores of Three Rivers District, Province of Quebec, Canada; Transact. Am. Inst. Min. Eng., XXI, 1892, 974—992.

Molisch, Die Pflanze in ihren Beziehungen zum Eisen; eine physiologische Studie, Jena 1892.

Gaertner, Vivianit und Eisenspat in mecklenburgischen Mooren. Rostocker Inaug.-Diss., 1897; Sonderabdr. aus Arch. des Ver. der Freund. der Naturgesch. Meckl., LI, 1897.

van Bemmelen, Sur la composition, les gisements et l'origine de la sidérose et de la vivianite dans le derri inférieur des hautes-tourbières du sud-est de la province de Drenthe; Arch. Néerlandaises, XXX, 1896, 25—43. — Ders., Über das Vorkommen, die Zusammensetzung und die Bildung von Eisenanhäufungen in und unter Mooren (unter Mitwirkung von C. Hoitsema und E. A. Klobbie); Zeitschr. f. anorg. Chemie, XXII, 1900, 313—379.

Reinders, Het voorkomen van gekristalliseerd ferrokarbonat in Moeras-zyzererts, en eene hydrage tot de kennis en het ontstaan van dit erts in den Nederlandschen bodem; Verh. kon. Akad. van Wetenschappen, 2. Sektie, V, 1896, 5, 1—40. Zitiert von van Bemmelen.

Besonders dort, wo der Boden aus lockerem, teilweise schon zerwittertem Schutt von eisenhaltigen Gesteinen besteht und wo außerdem die Terrainverhältnisse zur Bildung sumpfiger Wiesen und Moore führen, wie ganz besonders in den von diluvialen Glacialschotter bedeckten Teilen Nordeuropas, Nordasiens oder Nordamerikas, findet noch heutigentags und unter unseren Augen die Bildung von Eisenerzen unter Bedingungen statt, die besonders neuerdings genauer studiert werden konnten.

Wo pflanzliche Reste vermodern, bildet sich Kohlensäure, vor allem aber auch eine Reihe von organischen Komplexen, die man mit Namen wie Humussäure, Quellsäure, Quellsatzsäure belegt hat. Durch die Fäulnis selbst wird Sauerstoff verbraucht, der den Eisenoxydverbindungen oder Eisensalzen des Untergrundes entzogen werden kann. Es ist dabei eine bekannte Erscheinung, daß der Sand unter Torfmooren oder unter faulendem Laub, wenn er auch sonst durch Brauneisenerz gelblich gefärbt ist, entfärbt wird; dabei wird das Eisen und Mangan durch die vorher bezeichneten organischen Stoffe als Oxydul fortgeführt, ausgelaugt. Gelangen diese Eisenoxydullösungen in Bäche, so werden sie an deren Oberfläche oxydiert zu Eisenhydroxyd; es bildet sich die bekannte irisierende Oberflächenhaut, das Wasser wird rostig, der Eisenschlamm setzt sich zwischen Pflanzen fest und es entstehen so die Raseneisenerze, die deshalb alle möglichen Pflanzenreste umschließen können. Münden die mit Eisen beladenen Wässer in einen See, so wird dort unter dem Einfluß der oxydierenden Luft das Eisen als Eisenhydroxyd zu Boden sinken, dort Krusten und Konkretionen, die sog. Seeerze, bilden. Solche rezente Rasen-, Wiesen-, Sumpf- und Seeerze sind gelblich-braune bis pechschwarze, schwammige, schlackige oder ockerige Massen von Brauneisenerz, gemengt mit Eisensalzen der genannten

organischen Säuren, mit Ton, Sand, Kalk, Magnesia und Mangan, zumeist auch mit einem erheblichen, von der Verwesung der Organismen herrührenden Phosphorgehalt, der in den Raseneisenerzen häufig an den im frischen Zustand weißen, an der Luft blau und endlich gelblich werdenden Vivianit (Blauerde, Eisenblau) gebunden ist. Manchmal kommt im Raseneisenstein der Torfmoore auch kristalliner Eisenspat und amorphes Eisenoxydulkarbonat vor (z. B. in Mecklenburg und im Moor des sog. Emmer Compascuums in Drente, Holland). Nachstehend folgen einige Analysen von Rasen- und Seeerzen:

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	54,0	52,4	62,57	—	—	—	—	—
Mn <sub>2</sub> O <sub>4</sub> . . . . .	3,2	5,4	5,58 (Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	—	—	—	—	—
Fe . . . . .	—	—	—	48,12	47,34	50,28	54,37	35,60
Mn . . . . .	—	—	—	0,21	1,67	—	0,22	1,74
SiO <sub>2</sub> . . . . .	22,2	22,1	12,64	7,22	11,22	4,65	5,40	25,70
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	3,2	3,8	3,58	0,93	1,91	—	—	2,47
CaO . . . . .	2,0	2,8	1,37	Spur	1,56	0,54	—	} 2,45
MgO . . . . .	2,0	2,1	0,19	Spur	0,22	0,08	—	
P . . . . .	0,12	0,93	—	1,01	0,94	0,47	0,89	0,37
Glühverlust . . . .	12,6	11,1	13,53	21,22	13,16	21,79	17,29	15,70
S . . . . .	0,07	0,06	—	—	—	—	—	—
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	—	—	0,48	—	—	—	—	—
SO <sub>3</sub> . . . . .	—	—	0,07	—	—	—	—	—

I. Seeerz des Kolsnaren-Sees in Södermanland. Cronquist.

II. Seeerz des Viren-Sees, ebendort. Cronquist.

III. Mittel aus 30 Analysen von Seeerzen (dabei zwei Rasenerze) Schwedens, nach Svanberg mitgeteilt von Stapff.

IV. Raseneisenerz von Elsterwerda.

V. " aus Holland.

VI. " " Belgien.

VII. " " Quebec.

VIII. " " Wolhynien.

} Mitgeteilt von Ledebur, Handbuch  
der Eisenhüttenkunde, 4. Aufl., 228.

In den schwedischen Erzen sind ferner noch nachgewiesen worden Cl, As, Ti, Mo, Cr, Vd, Cu, Ni, Co, Zn, deren Herkunft größtenteils leicht verständlich ist. Phipson<sup>1)</sup> hat in einem sächsischen Raseneisenerz 1,9 % Vanadin-

<sup>1)</sup> Journ. Chem. Soc. (2), I, 244; Ref. Erdm. Journ. für prakt. Chemie, XCI, 1864, 49. — \* Sehr bemerkenswert ist das Vorkommen des Vanadiums in Begleitung vermoderter vegetabilischer Substanz. So enthält nach W. P. Blake (Eng. Min. Journ., LVIII, 1894, 128—129) eine lignitische Kohle von S. Bafael in der argentinischen Republik Mendoza in der 0,63 % betragenden Asche 38,22 % Vd<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. In einigen anthrazitischen Kohlen von Yauli in Peru läßt sich ein ziemlich konstanter Vanadinhalt (in der unveraschten Kohle) bis 0,456 % nachweisen (Berg- und Hüttenm. Ztg., LVI, 1897, 401—402). Die Asche enthält bis 38 %. Es sei übrigens an den erheblichen Vanadinhalt mancher oolithischer Eisenerze (s. S. 210 und 215) erinnert. Im Bohnerz von Delemont (Schweiz) hat ferner Wencelius (Berg- u. Hüttenm. Ztg. LXIII, 1904, 218) 0,0905 % Vd<sub>2</sub>O<sub>5</sub> nachgewiesen, und auch der Mansfelder Kupferschiefer ist vanadinhaltig. \*

säure gefunden. Bemerkenswert ist, daß kohlensaurer Kalk und Magnesia nur in unbedeutender Menge, Mangan verhältnismäßig reichlich in den Erzen vorkommt.

Die Bildung der Raseneisenerze ist meistens nicht so einfach, wie sie vorhin skizziert wurde. In Torfmooren mit stagnierendem oder aufsteigendem Wasser kann der Eisengehalt des Untergrundes allmählich in die Torfschicht übertragen werden und umgekehrt durch absteigende Atmosphärien aus letzterer wieder in den sandigen Untergrund wandern. Hier wie dort bildet er dann Klumpen, Linsen oder sogar Bänke, die z. B. in Mecklenburg 0,3 m mächtig werden. Die mit Brauneisen imprägnierten und verfestigten Sande heißen in Niederdeutschland der „Ortstein“ oder „Klump“.

Ablagerungen von solchen Eisenerzen finden sich besonders in Gegenden mit sumpfiger Torfbedeckung und weiterhin überall da, wo langsam fließende Flüsse in Niederungen treten und sich seitwärts derselben morastige Stellen bilden. So ist der Lauf der Neisse, Spree, Oder und Elbe, derjenige der holländischen, russischen und dänischen Flüsse von solchen Sumpferzvorkommnissen begleitet, zahllose Seen in Schweden, Finland und Rußland führen Seeerze, welche durch Niederschlag des durch die Wasserläufe zugeführten Eisens entstehen.

In der ganzen nordeuropäischen Niederung von Holland bis nach Polen und Rußland sind Rasenerze häufig und sie werden stellenweise abgebaut. In **Holland** treten sie vielfach in den nördlichen Provinzen auf. Die Rasenerzablagerungen der Provinz Drente haben Reinders und van Bemmelen genauer studiert; das Vorkommen größerer Mengen von Eisenoxydulkarbonat in dem Hochmoor bei Emmen, westlich von Meppen, hat letzterer schon 1891 entdeckt. Eine ausführlichere Aufzählung der **norddeutschen** Vorkommnisse hat v. Dechen gegeben. Dieselben beginnen auf der linken Rheinseite an der Niers, finden sich am Rhein nördlich von Duisburg, an der Issel, Lippe, Emscher, Berkel, Dinkel, an der Ems und Aa, besonders im Reg.-Bez. Münster, an der Ilmenau, Weetze und Luhe in der Gegend von Lüneburg, an der Tanger bei Stendal, im Kreis Osterburg und Wolmirstedt, an der Elster in den Kreisen Senftenberg, Hoyerswerda und den südlich davon gelegenen sächsischen Gebieten. Außerordentlich reich an solchen Erzen ist der südliche Teil von Brandenburg, besonders im Gebiet des Spreewaldes, und die Niederungen der Bober; sie sind verbreitet im nördlichen Schlesien, in der oberen Havelgegend, in Mecklenburg, in Pommern, in den Niederungen der Warthe, im Reg.-Bez. Königsberg, Gumbinnen und Posen. Untergeordnet finden sich Raseneisenerze in Süd- und Mitteldeutschland, nämlich im Elsaß, in der Pfalz, in der Gegend von Hanau usw.

Sie werden gewöhnlich in geringer Tiefe unmittelbar unter dem Torf und über Sandlagern angetroffen und bilden eine wenig mächtige Ablagerung über zumeist nur kleine Flächen. Im Regierungsbezirk Merseburg sind im Jahre 1901 8200 t Raseneisenerz gewonnen worden.

In **England** scheinen ehemals in Kent und Sussex solche Erze gewonnen worden zu sein. Es sind bald Sumpf-, bald Seeerze. Trockenliegende, verhärtete Sumpferze überdecken die Hügel, in den morastigen Niederungen selbst kommt das Erz in Tiefen von 0,30—0,45 m unter der Oberfläche vor und reicht stellenweise noch bis zu 2,5—4,5 m Tiefe.

Sumpferz ist weit verbreitet in **Kanada**, insbesondere sollen nach Griffin enorme Massen in einem Bereich von etwa 600 km Länge und 60—90 km Breite längs des Lorenzstromes, unterhalb Quebec beginnend und bis über Ottawa sich hinziehend, vorkommen. Jene Erze waren der Gegenstand der allerersten Eisengewinnung durch die Weißen auf nordamerikanischem Boden (um 1730), und die Stadt Three Rivers, in deren Umgebung noch heute und neuerdings

wieder reiche Sumpf- und Seeerz-Lagerstätten ausgebeutet werden, hatte den ersten amerikanischen Eisenhochofen. Ein gutes Beispiel für die Entstehung der Seeerze bietet der etwa 5 km lange und 1,5 km breite Lac à la Tortue, der von zahlreichen, den Sümpfen entströmenden eisenhaltigen Wässern gespeist wird. Aus dem stark eisenhaltigen Seewasser sinkt der aus den oxydierten Eisenoxydulsalzen entstandene Eisenschlamm zu Boden und bildet dort poröse Massen und Klumpen, welche letztere bis zu 0,2 m Durchmesser erreichen. Am reichsten ist das Erz gegenüber der Einmündung der Bäche; es ist stellenweise so fest und tritt in so kompakten Bänken auf, daß es nicht gebaggert werden kann. Die Erneuerung des Erzes im See soll so rasch vor sich gehen, daß Striche, welche vor wenig Jahrzehnten für erschöpft angesehen worden waren, heute mit Vorteil wieder ausgebeutet werden können. Ungeheure Waldungen können die Holzkohlen für die Verschmelzung dieser Erze liefern.

Die **schwedischen** Seeerze (Sjömalm) sind besonders durch Stapffs Studien wohlbekannt geworden. Sie kommen in zahlreichen Seen, besonders in Småland, Herjådalen und in einigen Gegenden von Jemtland, im südlichen Östergötland, dem nordwestlichen Dalarne, in Norrland, Södermanland usw. vor, während sie in anderen Gegenden, wie in Upland, Westergötland usw., ganz zu fehlen scheinen. Sie finden sich in bis zu 0,5 m mächtigen, häufig aber nur wenige Zentimeter oder auch nur Millimeter dicken Lagen, angeblich besonders dann, wenn der Seegrund schlammig oder sandig ist, als ockeriger Schlamm oder als erbsen-, linsen- oder nierenförmige, dabei häufig deutlich konzentrisch schalige Massen. Im Kolsnaren zieht sich das Seeerz nach Cronquist als eine bis zu 300 m breite Ablagerung 10 km weit längs des Ufers in 2,4—3,6 m Tiefe hin. Auch nach Stapff kommt das Erz an den weniger tiefen Stellen der Seen, also nahe dem Ufer sowohl wie auf Untiefen vor. Unter den verschiedenen Gestalten, in welchen das Seeerz auftritt (als parallelgebänderte Ockerkrusten, als feinkörnige, durch Mangan geschwärzte „Pulvererze“, als Absatz zwischen Schilf, Wurzeln und Überkrustung von Holz, als „Perlen-“ und „Erbsenerze“ von oolithischer Struktur), sind die „Pfennigerze“ besonders merkwürdig. Es sind flache, scheibenförmige, häufig konvex-konkave Gebilde aus konzentrischen, ringförmigen Lagen von dichtem und ockerigem Erz.

Da die Bildung der Seeerze ununterbrochen vor sich geht, so findet eine Erneuerung der durch Baggerung erschöpften Lager statt. Nach Stapff soll zur Bildung einer abbauwürdigen Erzschiebt ein Zeitraum von 15—30 Jahren notwendig sein. In Schweden wurden im Jahre 1901 nur 1594 t See- und Sumpferz gewonnen.

Unerschöpfliche Reichtümer an Eisenerz liegen in den Seen **Finlands**. Im Jahre 1891 wurden dort um 60000 t gefördert. Auch Sibirien ist reich an solchen Erzen.

\* Die Entstehung der alluvialen Erze ist von hohem Interesse, weil diese allein sich heute noch vor unseren Augen vollzieht und manche Schlüsse auf die Bildung gewisser Eisenerze in der Vorzeit gestattet.

Über die Herkunft des Eisens in den See- und Rasenerzen kann kein Zweifel sein; es entstammt dem zerwitternden, eisenhaltigen Gebirge, in den meisten Fällen dem diluvialen Glacialschotter der Tiefebene. Über die Art der Lösung und des Transportes der Eisenverbindungen wurde schon eingangs dieses Absatzes gesprochen. Es bleibt nun noch die Frage näher zu erörtern, wie das Eisenerz ausgeschieden wurde. Da das Eisen in Oxydulform, sei es als Oxydulkarbonat oder gebunden an humose Substanzen, in Lösung geht, so wird es schon durch Sauerstoffzutritt, solange keine anderen Agentien eine Oxydation ver-

hindern, in Eisenhydroxyd übergeführt werden. In früherer Zeit hat man der Tätigkeit von Algen bei der Konzentration des Eisengehaltes der Wässer eine wichtige Rolle zugeschrieben, nachdem 1836 Ehrenberg in verschiedenen Raseneisenerzen die Zellen einer Bakterie nachgewiesen hatte, die er für eine Alge (Diatomee), *Gallionella ferruginea*, hielt. Tatsächlich haben verschiedene Spaltpilze (Bakterien), wie *Crenothrix Kühniana*, *Cladathrix dichotoma* und besonders die *Leptothrix ochracea*, die Eigenschaft, das Eisenoxydul in ihren gallertartigen Zellscheiden anzusammeln und dort scheinbar auch durch ihre Lebenstätigkeit zu oxydieren, so daß sich knäuelartige Klumpen von Eisenhydroxyd bilden, die z. B. in manchen Wasserleitungen recht lästig werden können. Trotzdem ist es nach Molisch, der eine große Anzahl von Raseneisenerzen daraufhin untersucht hat, durchaus nicht erwiesen, daß die Bildung derselben von Spaltpilzen ausgehe; er hat vielmehr in den meisten Erzen keine Reste solcher bemerken können.

Von Wichtigkeit ist die Beobachtung Reinders', van Bemmelen und Gaertners, daß in Wiesenmooren sich auch Eisenoxydulkarbonat zu bilden und zu erhalten vermag. Das Ferrokarbonat kommt teils als amorphes, weißes Pulver, das an der Luft zu hellrotem, amorphem Eisenoxyd wird, mit Vivianit und etwas kohlensaurem Kalk in bis zu 14 m langen, 6 m breiten und ungefähr  $\frac{1}{2}$  m dicken Nestern im Torf bei Emmen vor und wird von den Arbeitern der „weiße Torf“ genannt. Mit ihm zusammen findet sich etwas kristalliner Eisenspat. van Bemmelen nimmt an, daß sich in Gruben und Rinnen des Moores zuerst aus stagnierendem, eisenhaltigem Wasser Brauneisenerz abgesetzt habe, und daß erst später, während der Vertorfung des Pflanzenwuchses und unter dem Luftabschluß der darüber wuchernden pflanzlichen Neubildungen diese Raseneisenerze unter Zutun der Humussubstanzen reduziert und in Ferrokarbonat umgewandelt worden seien. Bis zu kubikfußgroße und kleinere Massen von Eisenoxydulkarbonat, begleitet von Vivianit und phosphorsaurem und kohlensaurem Kalk, hat Gaertner in verschiedenen Wiesenmooren Mecklenburgs nachgewiesen.

Der Nachweis des Eisenkarbonats als jugendliche Bildung in den alluvialen Eisenerzen scheint die Schwierigkeiten zu beseitigen, welche sich immer noch einem Vergleich der Raseneisenerze und der Kohleneisensteine bezüglich ihrer Entstehung in der Weg stellten. Schon Bischof<sup>1)</sup> hatte die Ansicht ausgesprochen, daß die Kohleneisensteine ursprünglich als Eisenoxyd und -Hydroxyd abgelagert, aber durch die begleitenden vegetabilischen Substanzen unter Kohlensäurebildung reduziert und in das Karbonat übergeführt worden seien. Doch blieb diese Meinung so lange Hypothese, als man das Eisenkarbonat nicht in den Rasenerzen aufgefunden hatte. Das Vorkommen von phosphorsaurem Kalk in den Wiesenerzen bildet eine weitere Analogie zwischen diesen und den Kohleneisensteinen, die ja im Ruhrbecken geradezu von Phosphorit begleitet werden.

Es ist nun noch die Frage, ob sich die marinen Sphärosiderite, Toneisensteine und vielleicht auch die konkretionären Brauneisenerze und Glaukonite

<sup>1)</sup> Chemische und physikalische Geologie, 1. Aufl., II, 1855, 1833—1842; 2. Aufl., II, 1864, 140—149.

in ähnlicher Weise erklären lassen, wie die See- und Raseneisenerze. Da dieselben mindestens zum Teil in Ufernähe abgelagert sein dürften und da man der tierischen Verwesung dabei vielleicht eine ähnliche Rolle zuschreiben darf wie der pflanzlichen, so sind Analogien kaum von der Hand zu weisen. \*

## 2. Manganerzlager.

Manganerze waren schon den Alten bekannt; man verwechselte sie mit Magneteisen, weil ihnen aber kein Magnetismus innewohnte, nannte sie Plinius „weibliche Magneten“. Im Jahre 1740 wies Pott nach, daß der Braunstein kein Eisenerz sei; aber erst 1774 konnte Scheel den Nachweis führen, daß derselbe einen eigenartigen neuen Stoff enthalte, dessen Darstellung im metallischen Zustande im gleichen Jahre Gahn gelang.

Mangan ist der treueste Begleiter des Eisens und samt diesem, wenn auch in viel geringerer Menge, in allen Gesteinen der Erde enthalten.

Die wichtigsten Manganmineralien sind folgende: Pyrochroit,  $Mn[OH]_2$ , Braunit,  $Mn_2O_3$ , mit 30,4 O und 69,6 Mn, Manganit,  $MnOOH = Mn_2O_3 + H_2O$ , mit 62,5 Mn, 27,3 O und 10,2  $H_2O$ . Der Manganit nimmt leicht Sauerstoff auf, gibt Wasser ab und verwandelt sich in Pyrolusit. Hausmannit,  $Mn_3O_4$ , mit 72,0 Mn und 28,0 O.

Die Superoxyde,  $MnO_2$ : Pyrolusit (Braunstein, Weichmanganerz) mit 63,2% Mangan und 36,8% Sauerstoff, von welchem 12,2% durch Glühen ausgetrieben werden können, indem  $Mn_3O_4$  hinterbleibt; der Polianit, der Psilomelan (Braunstein, Hartmanganerz, das stets verunreinigt ist mit Baryt, niedrigeren Oxydationsstufen des Mangans, Kali, Tonerde, Wasser, Kieselsäure usw.), das ebenfalls durch Beimengungen verunreinigte wasserhaltige und sauerstoffärmere Wad.

Der Manganspat,  $MnCO_3$ , fast immer isomorph gemischt mit  $CaCO_3$ ,  $MgCO_3$  und  $FeCO_3$ , hat auf Lagern keine Bedeutung. Dagegen enthalten die lagerförmig auftretenden Siderite Mangankarbonat.

Der Tephroit,  $Mn_2SiO_4$ , und der Hydrotephroit,  $(MnMg)SiO_4 \cdot H_2O$ , sind Begleiter des Rhodonits bzw. des Franklinits und anderer Manganerze in kristallinen Schiefen und technisch bedeutungslos.

Rhodonit,  $MnSiO_3$  (Kieselmangan), oxydiert sich leicht, nimmt Wasser auf und wird zu Manganit und Pyrolusit. Das rosenrote Mineral wird dann schwarz oder braun. Kryptokristalliner Rhodonit, gemengt mit Quarz usw., tritt stellenweise gesteinsbildend besonders als Mangankieselschiefer auf.

Die Manganblende,  $MnS$ , findet sich nur selten auf Gängen, der Hauerit,  $MnS_2$ , kommt stellenweise, wie z. B. auf Sizilien, in Mergeln vor, spielt aber als Erz nie eine Rolle.

Die technische Verwertung der Manganerze beruht bald auf einer Nutzbarmachung ihres Sauerstoffgehaltes, bald ihres Metallgehaltes. Da das Mangan leicht Sauerstoff mindestens bis zur Bildung von  $MnO_2$  aufzunehmen vermag, anderseits beim Glühen wieder in die Oxydationsstufe  $M_3O_4$ , bei der Behandlung mit Schwefel- oder Kieselsäure in der Hitze aber in die Oxydulstufe zurückkehrt, so kann es zur Darstellung von Sauerstoff benutzt werden. Zur Darstellung von Chlor eignen sich an und für sich alle Manganoxyde von höherer Oxydationsstufe als  $MnO$ , da bei ihrer Behandlung mit  $HCl$  Manganchlorür entsteht. Von

technischem Wert ist aber nur das  $MnO_2$ , da niedrigere Oxyde unverhältnismäßig viel Salzsäure im Vergleich zum gewonnenen Chlor verbrauchen. Man bezahlt also in Manganerzen nur den Gehalt an  $MnO_2$  und solche mit weniger als 57% des letzteren werden überhaupt nicht verarbeitet. Übrigens ist die Chlordarstellung mittels Braunisteines durch neuere Verfahren in den Hintergrund gedrängt worden.

Seit langer Zeit wird Mangan zum Entfärben des Glases verwendet, worauf der Name „Pyrolusit“ („Feuerwascher“) beruht;  $MnO_2$  gibt im Glasmelzflusse Sauerstoff ab und kann gelblich färbende Kohle oxydieren, anderseits wirkt die violette Manganfarbe des Glases als Komplementärfarbe neutralisierend auf die gelbe Farbe des Eisenoxydglases.

Eine weitere Verwendung besitzt Mangan als Färbemittel in der Keramik und Glastechnik. Seine größte Bedeutung hat es aber in den letzten Jahren in der Eisenhüttentechnik erlangt. Erstlich dient es derselben als Reduktionsmittel, ferner erhöht ein Manganzusatz unter gewissen Bedingungen die Zähigkeit und Festigkeit des Eisens sehr beträchtlich (Ferromangan, Manganstahl) usw. Bei dieser Verwendungsart ist natürlich der Metallgehalt des Erzes von Bedeutung, und durch sie ist die Wichtigkeit manganhaltiger Eisenerze begründet.

Wie die wichtigsten Eisenerzvorkommnisse sedimentärer Natur sind, so gilt das auch für die Manganerze. Ihnen gegenüber haben die Manganerzgänge (z. B. im Harz und im Thüringer Wald) ganz an Bedeutung eingebüßt.

Die Manganerzlager können in folgende Gruppen eingeteilt werden:

1. Hausmannit- und Braunitlager in kristallinen Schieferen. Mit diesen sollen die Franklinitlager behandelt werden, welche zwar in der Hauptsache Zinkerzlagerstätten sind und nur nebensächlich Mangan führen, den Hausmannit-Braunitlagern aber in mancher Beziehung ähnlich sind.
2. Lager von Manganoxiden, entstanden aus Rhodnit und Mangankieselschiefer.
3. Lager von Manganspat und daraus hervorgegangenen Manganoxiden scheinen mindestens sehr selten zu sein. Dagegen sind viele Sideritlager manganführend.
4. Manganerzlager, entstanden durch unmittelbaren Absatz von Pyrolusit, Psilomelan und anderen Manganoxiden in marinen Sedimenten.
5. Manganerzlager, entsprechend den Rasen- und Sumpfeisenerzen.

#### **Hausmannit-, Braunit- und zinkerzführende Franklinitlager der kristallinen Schieferformation.**

Die typischsten Vertreter dieser Lagerstättengruppe finden sich in Schweden.<sup>1)</sup> Das Vorkommen der schwedischen Manganerzlagerstätten ist im

<sup>1)</sup> Igelström, Über das Vorkommen von gediegen Blei in den Eisen- und Manganerzlagerstätten von Pajsberg in Wermland; Berg- u. Hüttenm. Ztg., XXV, 1866, 21—22. — Ders., Meddelande om Hausmannitmalmer i Sverige; Geol. Fören. Förh., X, 1888, 193—194. — Ders., Mineralogiska meddelanden, XIV. Om Hausmannitmalmen i Sverige; ebenda XII, 1890, 441—443. — Ders., Mineralogiska meddelanden, XI, Jacobsit och braunit vid Glakärns grufvan, Linde socken, Örebro län; ebenda XII, 1890, 137—139. — Ders., Über ein neues Vorkommen von Braunit und Hausmannit bei Sjögrufvan im Kirchspiel Grythyttan, Gouvernement Örebro (Schweden) und über die Sjögrube im Allgemeinen; N. Jahrb., 1887, II, 8—11. — Ders., Gediegen Blei in der Mangan- und Eisengrube Sjögrufvan in dem Kirchspiele Grythyttan; ebenda 1886, II,

ganzen völlig ähnlich demjenigen der Magnetitlager vom Typus Persberg-Nordmark. Diese Ähnlichkeit ist nicht nur eine äußerliche, sondern sie wird dadurch vervollständigt, daß die Manganerze dieses Typus gewöhnlich mit Eisenoxiden zusammen vorkommen. Erze sind Hausmannit und daneben Braunit, stellenweise auch Jacobsit (ein Manganeisenspinell). Fast ausnahmslos sind dieselben gebunden an Kalksteine oder Dolomite, welche, wie früher schon betont wurde, ihrerseits gewöhnlich, schon wenn sie nur mit Magnetit auftreten, stark manganhaltig sind und sich deshalb an der Luft bräunen; Skarn ist gleichfalls regelmäßig zugegen. Im allgemeinen könnten diese Erzlagerstätten als die manganreiche Ausbildung der Magneteisenerzlager vom vorhin genannten Typus betrachtet werden, wenn nicht meistens das Eisenerz aus Hämatit und nur untergeordnet aus Magneteisenstein bestände.

In mineralogischer Hinsicht haben diese Vorkommnisse eine besondere Bedeutung als Fundort zahlreicher Mangan- und anderer Mineralien, wie Monimolit  $(\text{PbFeMn})_3[\text{SbO}_4]_2$ , Berzelit  $(\text{Ca, Mg, Mn, Na}_2)_3[\text{AsO}_4]_2$ , Atopit  $(\text{Ca, Na}_2, \text{Fe, Mn})_2\text{Sb}_2\text{O}_7$ , Ganomalith,  $\text{Pb}_4[\text{PbOH}]_2\text{Ca}_4[\text{Si}_2\text{O}_7]_2$ , Chondroarsenit  $(\text{Mn, Ca, Mg})[\text{MnOH}]_4[\text{AsO}_4]_2 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$ , Hedyphan  $(\text{Pb, Ca, Ba})[\text{AsO}_4]\text{Cl}$ , Hyalophan (Baryt-orthoklas), Ekdemit,  $\text{Pb}_2\text{O}[\text{PbCl}]_4[\text{AsO}_3]_2$ , Manganophyll (ein manganhaltiger Phlogopit), Barylith  $\text{Al}_4\text{Ba}_4\text{Si}_7\text{O}_{24}$ , Manganosit  $\text{MnO}$ , Periklas  $\text{MgO}$ , Tephroit  $\text{Mn}_2\text{SiO}_4$ , Pyrochroit und Manganbrucit  $\text{Mn}[\text{OH}]_2$  und  $(\text{Mg, Mn})[\text{OH}]_2$ , Rhodonit  $\text{MnSiO}_3$  und der verwandte Schefferit usw. Stellenweise findet sich auch gediegen Kupfer und als eine große Merkwürdigkeit auf mehreren Lagerstätten bekanntlich gediegen Blei (zu Pajsberg, Långban und Sjögrufvan).

Die hauptsächlichsten Manganerzvorkommnisse Schwedens sind diejenigen von Pajsberg, Långban, Jacobsberg und Nordmark (in Wermland) und von Sjögrufvan in Örebro. Dieselben gehören den oberen Stufen der archaischen Formation an und sind gebunden an Kalksteine bezw. Dolomite, die ihrerseits von dem in der Geologie der schwedischen Eisenerze so wichtigen „Granulit“ umschlossen werden.

Der Dolomit der Sjögrufva am Halftron-See bildet eine 4—5 km lange und mehrere hundert Meter breite Zone im Granulit; das Erzvorkommen ist mindestens 100 m lang und 8—9 m breit und tritt im Dolomit auf. Die Manganerze, sehr reiche und reine Massen von Braunit und Hausmannit, etwa 4—5 m

32—35. — A. Sjögren, Mineralogiska notiser, III; Geol. Fören. Förh., III, 1876—1877, 181—183. — Ders., Mineralogiska Notiser, V; ebenda IV, 1878—1879, 156—162. — Ders., Mineralogiska notiser, XIII; ebenda IX, 1887, 526. — Tiberg, Briefliche Mitteilung über die Lagerfolge zu Långban bei Hj. Sjögren, Om de svenska järnmalmslägrans genesis; ebenda XIII, 1891, 413—414. — Nordenström, Mellersta Sveriges Grufutställning; Beskrifvande Katalog på Jernkontorets bekostnad utgifven, 1897, 38—51. — Beck, Långbans Manganerzlagerstätten; Ztschr. f. prakt. Geologie, 1899, 9—10. — Wegen der Mineralvorkommnisse sei auf die zahlreichen Arbeiten Igelströms, A. Sjögrens, A. E. Nordenskiölds, Lindstroems u. a. verwiesen, die zumeist in den Förhandlingar veröffentlicht und im N. Jahrbuch f. Mineralogie und in der Ztschr. f. Krystallographie referiert sind.

mächtig, sind einem darüberliegenden Eisenerzlager angelagert, welches aus Hämatit und Magnetit besteht.

Ähnlich sind die Manganlagerstätten von Pajsberg und Långban.

Zu **Pajsberg** bei Filipstad, 9 km südlich von Långban, sind die Manganerze gleichfalls an ein Lager von Magneteisenstein und Hämatit gebunden, in welchem letztere beiden Erze scheinbar ohne erkennbare Regelmäßigkeit gemengt sind. Eisen- und Manganerze werden umschlossen von Dolomit und konnten getrennt abgebaut werden. „Der Hausmannit findet sich im Dolomit teils in zerstreuten Körnern, die einen fast wesentlichen Anteil an der Zusammensetzung des Gesteines nehmen, teils in körnigen Konkretionen, welche selbständig als Erze gewonnen werden können. In dieser Form ist er bisher von Bergleuten oft mit Eisenerz verwechselt worden. Die ausgebrochenen Massen enthalten 60—90 % davon, und nur der Rest ist noch beigemengter Dolomit.“ (Igelström, 1866.) Auf Pajsberg hat Igelström den Hausmannit anfangs der 1860er Jahre zuerst nachgewiesen. Die Lagerstätte hat auch deshalb ein besonderes Interesse, weil man dort zuerst das gediegene Blei in Klüften des hausmannitführenden Dolomits, des Rhodonits usw. manchmal bis zur Feinheit stanniolartiger Bleche aufgefunden hat. Als merkwürdige Mineralien auf den Pajsberger Manganerzlagern erwähnt Igelström schon 1866 den Pyrochroit, Monimolith, Tephroit, Hydrotephroit, Manganspat, Schwerspat, Chondroarsenit, Erdpech, Granat, Aragonit, Serpentin usw. Die Pajsberger Gruben sind jetzt auflässig.

Der wichtigste schwedische Manganerzbergbau ist derjenige von **Långban** in Wermland, etwa 10 km nordöstlich von Nordmark, 20 km nördlich von Filipstad und Persberg. Die Eisenerzgewinnung dortselbst reicht bis in das XVI. Jahrhundert zurück. Das Erzfeld hat eine Länge von 700 m und eine Breite von 230 m. Eine ausführlichere Schilderung des Vorkommens gibt Nordenström.

Auch die Erze von Långban gehören einer in den „Granulit“ eingelagerten, NS. streichenden und ungefähr 4 km langen und etwa 2 km breiten Dolomitmasse an, in deren südlichem Teil sie auftreten. „Die Haupterstreckung des Erzfeldes ist eine nordwest-südöstliche, aber die Längsausdehnung der Erze selbst, obwohl sehr veränderlich, doch meistens eine west-östliche.“ Man kann sechs zutage austreichende Erzlager unterscheiden, die teilweise nach der Teufe zu beträchtlich anschwellen und sich dadurch nähern; eines derselben schien am Tage überhaupt unbauwürdig, hat aber dann in der Teufe von 110 m an Mächtigkeit zugenommen; ein anderes verhielt sich umgekehrt. Das Erzvorkommen ist also ein unbeständiges und verliert sich oder verteilt sich bald in den Dolomit oder in den Skarn, weshalb der Prozentgehalt des Gesteines an Erz im Mittel nur 30—40 % beträgt. Als Skölar bezeichnet man z. T. parallele Einlagerungen in und neben dem Erz, welche dem Granulit ähnlich sind oder auch in Skarn übergehen und mit diesem wechsellagern — die querlaufenden Skölar hingegen bestehen größtenteils aus Manganophyll (s. o.), der jedenfalls ein sekundäres Produkt sein dürfte.

Nach Tiberg ist der Querdurchmesser der erzführenden Dolomitzone etwa 300 m. Wiewohl von einer völlig konstanten Lagerfolge im Långbans-

Grubenfeld nicht die Rede sein kann, so ist diese doch in den allermeisten Fällen folgende:

- Zu unterst: 1. Dolomit.  
 2. Mangansilikate (Schefferit, Tephroit, Richterit, Rhodonit usw.).  
 3. Braunit.  
 4. Hausmannit mit Dolomit.  
 5. Eisenglanz mit Eisenkiesel.  
 6. Magneteisenerz mit schwarzem Granat.  
 7. „Grünskarn“ mit Einsprengungen von Magnetit, bisweilen auch Eisenglanz.

Zu oberst: 8. Dolomit.

Die Eisenerze bestehen bis zu 70 und 80% aus Hämatit, im übrigen aus Magnetit; sie sind stets durchmengt mit Manganerzen (meist unter 1% Mn), wie andererseits die Manganerze einen etwa ebenso hohen Eisengehalt haben. Indessen sind beide Erzsorten praktisch als unvermischt und rein zu betrachten. Bemerkenswert ist, daß gerade zu Pajsberg und Långban in Gesellschaft mit dem Manganoxyduloxyd und Manganoxydulverbindungen der Eisenglanz vorkommt, welcher den Wermländer Eisenerzlagertstätten selbst fehlt. Was das Mengenverhältnis zwischen Braunit und Hausmannit anlangt, so wiegt ersterer auf zwei Gruben (Collegii und Norbotten) vor, fehlt aber auf der Großgrube, wo nur Hausmannit einbricht. Auf der Collegiigrube hat das Manganerzmittel eine Mächtigkeit von 20 m und eine Länge von 65 m.

Långban förderte als die einzige produktive Manganerzgrube dieser Art in Schweden 1901 1658 t Manganerz, die ein Aufbereitungsprodukt von 246 t ergaben, und außerdem 5400 t Roteisenerz und 1800 t Magneteisen.

Der gewöhnliche Dolomit der Långbaner Gruben hat folgende Zusammensetzung (I), welcher diejenige einiger besonders reiner Dolomite von dort gegenübergestellt ist (II):

	I.	II.	
CaO . . . . .	31,75	30,35	
MgO . . . . .	19,85	21,14	
CaCO <sub>3</sub> . . . . .	—	—	54,20
MgCO <sub>3</sub> . . . . .	—	—	44,39
FeO . . . . .	0,40	?	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	?	0,71	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	—	0,10	
MnO . . . . .	0,51	—	
SiO <sub>2</sub> . . . . .	0,60	0,69	} in Säuren unlösl. Rückstand.
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0,016	0,014	
S . . . . .	0,008	0,004	
Glühverlust . . .	46,60	47,10	
	<u>99,784</u>	<u>100,108</u>	

Auf den Gruben von Långban fanden sich bis 1897 folgende bemerkenswertere Mineralien: Adelit, Allaktit, Aphrodit, Apophyllit, Aragonit, Asbesthedyphan, Astochit, Atopit, Barylit, Barytocalcit, Berzeliit, Blei, Braunit, Bustamit, Ekdemit, Ganomalit, Gillingit, Hausmannit, Hedyphan, Hisingerit, Hyalotekit, Hydrocerussit, Hydrotephroit, Jacobsit, Jaspis, Karyinit, Kataspilit, Kentrolith, Lamprophan, Långbanit, Manganit, Manganophyll, Manganosit, Mangan-

spat, Manganvesuvian, Melanotekit, Mimetesit, Monimolit, Neotokit, Orthit, Pektolith, Pinakolith, Pyroaurit, Pyrochroit, Rhodonit, Richterit (samt Marmairolith), Rosenquarz, Scheelit, Schefferit, Tephroit. Zwischen 1826 und 1840 war eine Steinschleiferei für die Verarbeitung des Eisenkiesels zu allerlei Ziergegenständen eingerichtet.

Im gleichen Bergdistrikt liegen die untergeordneten Vorkommnisse von Jacobsberg und Nordmark. Auf den Eisensteingruben an letzterem Orte hat man auch etwas Hausmannit und Braunit angetroffen und zeitweise gefördert. Die Manganerze sind an Kalk gebunden, der manganerzführende Kalkstein erreicht eine Mächtigkeit von 4 m. Es werden zwei Nordmarker Gruben (Kittelngrube und Moßgrube) genannt, auf denen solche Erze vorkamen. Es ist zu betonen, daß zu Jacobsberg und Nordmark die Manganerze nicht an Dolomit, sondern an Kalkstein gebunden sind, wodurch sie sich nicht unwesentlich von den vorher genannten unterscheiden; auch ist das begleitende Eisenerz hier nur Magnet-eisenstein. Auf der Moßgrube finden sich neben den beiden Manganoxyden: Manganosit, Pyrochroit, Brucit, Manganspat, Scheelit, Kalkeisengranat usw.

Das Braunit- und Jacobsitvorkommen von Glakärnsgrufva in Örebro ist deshalb bemerkenswert, weil hier die Erze zwar von Kalkspat begleitet werden, größere Kalkstein- oder Dolomitmassen aber fehlen, so daß der Schiefer das unmittelbare Nebengestein bildet.

Seitens der schwedischen Geologen sind diese Manganerzlagerstätten seit langer Zeit für Lager gehalten worden. Von den sonst etwas ähnlichen Vorkommnissen in New Jersey unterscheiden sie sich durch den gänzlichen Mangel an Zinkverbindungen.

Die wegen ihres merkwürdigen Mineralbestandes berühmten beiden Mangan-Zinkerzlagerstätten von **Franklin Furnace** und **Sterling Hill** in New Jersey<sup>1)</sup> (Vereinigte Staaten) sind umschlossen von einer Zone weißen kristallinen Kalkes, welcher aufs engste gebunden ist an Gneis und eine aus dem Orange County im Staat New York in südwestlicher Richtung durch New Jersey streichende Zone darstellt. Über sein Alter gehen die Ansichten auseinander, jedenfalls ist er nicht jünger als das untere Silur und hochgradig metamorphosiert. Stellenweise wird er von Graniten durchbrochen.

Die oxydischen Mangan- und Zinkerze (Rotzinkerz) von Franklin Furnace bilden eine bankähnliche Einlagerung im Kalkstein des „Mine Hill“. Das Lager hat nach den bisherigen Erfahrungen im großen ganzen die Gestalt eines Troges, dessen Längserstreckung etwa von SW. nach NO. gerichtet und dessen nord-östlicher Teil durch eine Verwerfung abgeschnitten ist, so daß er sich nach jener Richtung öffnet. Der nordwestliche Muldenflügel streicht am Mine Hill bei Franklin Furnace aus und ist 750 m weit als die sog. Front Vein mit einem SO.-Einfallen von 40—60° gegen SW. zu verfolgen. Eine Reihe von Gruben arbeitete dort lange Zeit im Tagebau. An ihrem südwestlichen Ende biegt die Front Vein, welche zutage eine Mächtigkeit von 2,4—9 m besitzt, in der Tiefe aber zu größerer Dicke anschwillt, gegen NO. um, wird zur „Back Vein“ und

<sup>1)</sup> H. Credner, Beschreibung von Mineralvorkommen in Nordamerika; Berg- u. Hüttenm. Ztg., XXV, 1866, 29—30. — Nason, The Franklinite-deposits of Mine Hill, Sussex County, New Jersey; Transact. Am. Inst. Min. Eng., XXIV, (1894) 1895, 121—130. — Groth, Die Zinkerzlagerstätten von New Jersey; Ztschr. f. pr. Geol., 1894, 230—232. — Kemp, Ore deposits, 1900, 251—257, Lit.

verschwindet alsbald jenseits eines Diabasganges in der Tiefe unter dem Kalk. Im Ausstrich der Muldenbiegung hatte das Lager eine Dicke von 7,5 bis 9 m, in größerer Tiefe betrug die Mächtigkeit der Erzmasse über 15 m. Diese Zunahme wird einer durch Faltung bewirkten Doppelung zugeschrieben, wie das die Fig. 61 andeutet und auch aus den in Fig. 60 dargestellten geologischen Verhältnissen geschlossen werden kann. Die Sattellinie dieser Falte fällt jenseits des erwähnten Diabasganges unter  $27^\circ$  gegen NO. ein.

#### Tiefbohrungen

haben tatsächlich ergeben, daß etwa 500 m nordöstlich der Muldenbiegung das Erz in 300 m Teufe ansteht, wo es jetzt abgebaut wird.

Der mit dem Erz auftretende Kalkstein enthält gegen 17%  $\text{MnCO}_3$ , so daß er sich an der Luft alsbald bräunt. Das Erz besteht aus kristallisiertem Franklinit  $[(\text{ZnFeMn})(\text{Fe, Mn})_2\text{O}_4]$  mit Rotzinkerz ( $\text{ZnO}$ ), Troostit  $[(\text{Zn, Mn, Fe, Mg})_2\text{SiO}_4]$  und Willemit ( $\text{Zn}_2\text{SiO}_4$ ), die gewöhnlich mit Kalkspat durchmengt sind. Eine scharfe Grenze zwischen dem Kalkstein und dem Lager besteht nicht; in den randlichen Zonen des letzteren ist der erstere mit Franklinit imprägniert und wird weiterhin zu taubem Gestein.

Das Franklinitlager „repräsentiert ein der Parallelstruktur des grobblättrigen Kalksteines konformes Bett, welches von N. nach S. streicht, mit  $30^\circ$  gegen W. (das gälte also für die Back Vein) einfällt und in dem sich zwei Zonen von vollständig verschiedenem Habitus unterscheiden lassen. Die obere derselben wird bei einer Mächtigkeit von 8—10 Fuß von fast vollständig reinem Franklinit gebildet und besteht aus einem lose zusammengehaltenen Kongregat von graupen- bis nußgroßen Körnern, welche unter dem Einflusse der Atmosphärlilien ihren Zusammenhang verlieren und dann die Form eines Gruses von eckigen, durch gegenseitige Beeinflussung verdrückten oktaedrischen

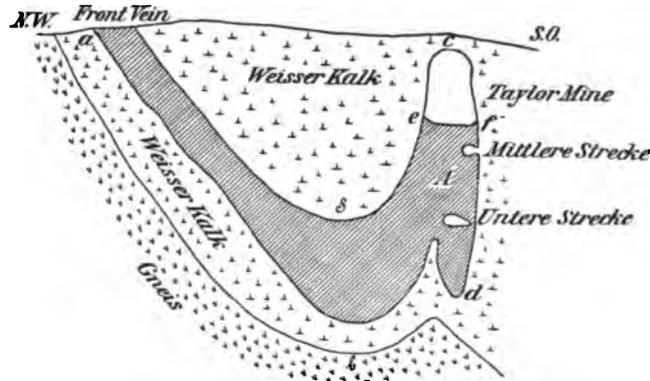


Fig. 60. Profil durch das Manganzinkerlager von Franklin Furnace, New Jersey. A der Erzkörper, c die Back Vein, welche unter dem Kalkstein verschwindet, d der südöstliche hypothetische Flügel der Doppelung in der Back Vein. (Nason, 1894.) Maßstab 1:2600.

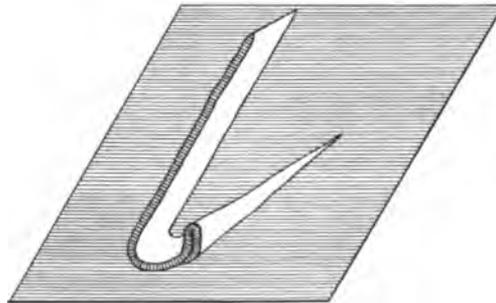


Fig. 61. Der Erzkörper von Mine Hill bei Franklin Furnace. Zeigt schematisch die Doppelung des Lagers in der Back Vein. (Kemp, 1893.)

Franklinitkörnern annehmen. Diese Franklinitzone . . . . zeigt eine deutlich ausgeprägte dünnplattenförmige, der oberen Grenze des Bettes parallele Absonderung. Nach der Mitte der ganzen Erzlagerstätte zu verliert der Franklinit seine Reinheit und seine Parallelstruktur; Kalkspat, Willemit sowie Troostit treten als Grundmasse auf, welche die Franklinitkörner umschließt, und zuletzt gesellt sich zu ihnen noch Rotzinkoxyd in hirsen- bis erbsengroßen Partien.“ (Credner.)

Von den das Lager durchsetzenden Eruptivgesteinen verdient ein Pegmatit Erwähnung, der Amazonenstein, Biotit, Augit und Hornblende und untergeordnet Orthit, Zirkon und Orangit (wasserhaltiges  $\text{ThSiO}_4$ ) enthält; im Kontakt desselben mit dem Lager beobachtet man Axinit, Rhodonit, Tephroit ( $\text{Mn}_2\text{SiO}_4$ ), Sussexit ( $(\text{Mn}, \text{Mg}, \text{Zn}) \cdot \text{OHBO}_2$ ), Polyadelphit (ein manganhaltiger Kalkeisengranat), Rotnickelkies, Rammelsbergit, Manganspat, Flußspat, manganreiche Glimmer und Asbest.<sup>1)</sup>

Die Gruben von Sterling Hill bei Ogdensburg liegen 4 km südlich von Franklin Furnace; auch das dortige Erzlager hat eine trogförmige Gestalt und ähnliches Streichen und Fallen, überhaupt ähnliche geologische Verhältnisse wie das vorige. Die bauwürdige Mächtigkeit beträgt 0,6—3 m. Man unterscheidet auch hier eine Front Vein und eine Back Vein, welche die beiden Muldenflügel des Lagers darstellen. Auf ersterer, welche 300 m weit zutage ansteht, findet der hauptsächlichste Bergbau auf Rotzinkerz und Franklinit statt, die hier zwei Mittel bilden, auf deren unterem Franklinit, auf deren oberem Rotzinkerz vorwaltet. Auch hier ist der Kalkstein durchwachsen mit Franklinit und führt ferner Granat und Pyroxen, z. T. Jeffersonit (ein mangan- und zinkhaltiger Augit). Die Analogie zwischen den schwedischen Lagerstätten und denjenigen von New Jersey wird dadurch erhöht, daß man zu Sterling Hill unter dem Manganzinkerzlager ein Lager von Magnetit kennt, das recht beständig zu sein scheint.

Es liegen keine irgendwie sicheren Hinweise vor, daß die Manganzinkerzlagerstätten von New Jersey eine andere als sedimentäre Entstehung gehabt haben, wenn man auch versucht hat, die Erzführung in Zusammenhang mit den auftretenden Eruptivgesteinen zu bringen.

Dürre<sup>2)</sup> verzeichnet folgende Durchschnittsanalysen von Erzen:

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
$\text{SiO}_2$ . . . .	10,21	11,08	10,33	11,77	4,86	5,15
$\text{Fe}_2\text{O}_3$ . . . .	31,41	27,54	30,26	30,91	30,33	27,62
$\text{MnO}$ . . . .	15,84	17,63	15,95	10,27	12,30	13,09
$\text{ZnO}$ . . . .	32,83	35,88	26,34	25,71	29,42	23,38
$\text{Al}_2\text{O}_3$ . . . .	0,21	0,24	1,16	2,01	0,67	0,64
$\text{CaO}$ . . . .	5,09	2,01	7,15	10,43	12,65	14,37
$\text{MgO}$ . . . .	—	0,77	1,09	0,99	—	1,98

<sup>1)</sup> Kemp, Transact. N. Y. Acad. of science, XIII, 1893, 76; Ref. Ztschr. f. Krystallogr., XXV, 1893, 286.

<sup>2)</sup> Metallurgische Notizen aus New Jersey und dem Lehigh-Thal; Zeitschr. des Vereines deutsch. Ingenieure, XXXVIII, 1894, 184—190.

I—IV. Erz der Taylor-Grube auf der Front Vein von Franklin Furnace.

V—VI. Erz von Sterling Hill.

Die Erze der Franklinitlager von New Jersey haben hauptsächlich Bedeutung als Zinkerze. Der bei ihrer Verarbeitung entfallende Mangandrückstand wird in den Eisenhochöfen verbraucht.

Eine merkwürdige Manganerzlagerstätte wird seit sehr langer Zeit in Piemont zu Pralorgnan (Prabornaz), bekannt unter dem Lokalnamen **S. Marcel**<sup>1)</sup> (Aostatal), abgebaut. Dieselbe bildet eine Einlagerung von 8 und mehr Meter und etwa 100 m streichender Länge im Gneis.<sup>2)</sup> Man gewinnt dort Manganoxyde, die besonders aus Rhodonit hervorgegangen sind. Dieser wird aber begleitet von Braunit, Hausmannit, Quarz, Piemontit (Manganepidot), Violan (manganhaltiger Diopsid), Spessartin (Mangangranat), Manganspat usw.<sup>3)</sup> Das Mangansuperoxyd (Pyrolusit) soll 75 % der abbauwürdigen Erzmassen ausmachen, diese letzteren 4—5 m mächtig sein. Die Lagerstätte ist jetzt zum größten Teil abgebaut, nachdem sie in früherer Zeit das Mangan für die südfranzösischen und venezianischen Glasfabriken geliefert hatte.

Weniger bedeutende Vorkommnisse sind bei Corio Canavese (Trucco della Chiara) und Bricco della Forcola (zwischen Corio und Balangero). Sie liegen im Glimmerschiefer.

\* Was die Entstehung der soeben beschriebenen Manganerzlager in kristallinen Schiefen betrifft, so mag auf das hingewiesen werden, was über die entsprechenden Eisenerzlager S. 166—167 gesagt wurde. Die sedimentäre Entstehung der schwedischen Manganerzlager ist bis jetzt nicht nur nicht ernstlich bestritten, sondern von Vogt und Hj. Sjögren sogar nachdrücklich vertreten worden. Ebenso hat es Kemp für das Wahrscheinlichste gehalten, daß die Erze von Franklin Furnace und Sterling Hill aus einem zinkhaltigen sedimentären Absatz von Eisen- und Manganerzen in Kalkschichten entstanden seien. Das Zusammenkommen von zink- und manganhaltigen Eisenerzen wäre übrigens nicht ohne Analogie, wenn man sich des manchmal auffälligen Zinkblendegehaltes mancher Toneisensteine erinnert. Damit ist aber die Frage nicht gelöst, und besonders die merkwürdigen baryt-, blei-, antimon- und arsenhaltigen Begleiter der schwedischen Manganerze dürften noch zu denken geben. Baryum ist sonst ein häufiger Begleiter epigenetischer Manganerze. \*

#### **Lager von Manganoxiden, entstanden aus Rhodonit und Mangankieselschiefer.**

Der im frischen Zustand rosenfarbige Rhodonit bildet manchmal Einlagerungen in kristallinen Schiefen und jüngeren Tonschiefen. In größeren Mengen und in prächtiger Qualität kommt er  $1\frac{1}{2}$  km vom Dorfe Ssedelnikówaja, 24 km südöstlich von Jekaterinburg im Ural vor, wo er mit Quarz gemengt

<sup>1)</sup> d'Achiardi, I metalli, loro minerali e miniere, I, 351—352, Lit. — Fuchs et de Launay, Gites minéraux, II, 9—10, Lit. — Catalogo della mostra fatta dal Corpo Reale delle Miniere all'Esposizione universale del 1900 a Parigi, Puntata I, 59.

<sup>2)</sup> Nach dem zitierten Catalogo wäre die Lagerstätte an Grünschiefer gebunden.

<sup>3)</sup> Penfield, Am. Journ. of science, XLVI, 1893, 288; Ref. Ztschr. f. Kryst., XXV, 1896, 276—278.

ein 2,7 m mächtiges Lager in Tonschiefer bildet.<sup>1)</sup> Das derbe Mineral ist auf Klüften durchzogen von Manganit. Es findet Verwendung in den Steinschleifereien von Jekaterinburg und St. Petersburg und ist den Russen als „Orletz“ bekannt. Im Jahre 1877 sind 120000 Pfund Rhodonit von Ssedelnikówaja in die Steinschleifereien gewandert. Außer diesem hauptsächlichlichen Vorkommen kennt man noch andere am Bach Puschkariha und zu Werch Issetsk, ersterer Ort ca. 50 km von Jekaterinburg entfernt, beide im Jekaterinburger Distrikt.

\* Viele Kieselschiefer (manchmal als Jaspise bezeichnet), kieselige Tonschiefer (Wetzschiefer) und ähnliche Gesteine lassen bei der Verwitterung in der Gestalt von Dendriten, schwarzen Überzügen und Kluftfüllungen einen Mangangehalt erkennen. Derselbe ist manchmal erheblich und führt dann und wann zu einer rosenroten Färbung der Gesteine, die mitunter noch unter der Verwitterungskruste zu erkennen ist. Die Frage nach den besonderen Verbindungen, in welchen das Mangan in den Schiefen enthalten ist, ist noch selten angeregt und erörtert worden. Teilweise mag es das Manganoxydulcarbonat sein, sicherlich ist es aber in manchen Fällen ein manganhaltiger Pyroxen, wohl der Rhodonit, der die oft ausgezeichnete rosenrote Farbe des Gesteines hervorbringt. In den Mangankiesel von Elbingerode läßt er sich neben Quarz als wesentlicher Bestandteil des Gesteines nachweisen.

Durch die atmosphärischen Einflüsse werden die in den Schiefen enthaltenen Manganoxydulverbindungen ganz allgemein in die Superoxyde und in Manganit übergeführt und damit das Mangan wenigstens teilweise vor der Auslaugung geschützt, welche die übrigen Gesteinsbestandteile einschließlich der Kieselsäure im Laufe der Zeit erfahren. Das bezüglich der Entstehung der Eisenerze am Lake Superior Gesagte dürfte auch für diese und andere Manganerze gelten, die durch metathetische Konzentration eines geringen Metallgehaltes entstanden sind. Diese Entstehungsweise bringt es notwendig mit sich, daß die bauwürdige Erstreckung solcher Lagerstätten nach der Tiefe nur eine geringe sein kann. \*

Eine recht reiche Manganerzlagerstätte von etwa 50 m Mächtigkeit und 120—200 m streichender Ausdehnung wird zu **Arschitza**<sup>2)</sup> bei Jakobeni in der Bukowina abgebaut. Ihr Liegendes ist ein quarziger, in Hornblendeschiefer übergehender Glimmerschiefer, das Hangende ein in Zersetzung begriffener, braungelb gefärbter Hornblendeschiefer. Das Lager besteht aus einer oberen nutzbaren Masse von Manganerzen, Brauneisenstein und Quarz und aus einem liegenden, nicht abbauwürdigen, 6—10 m mächtigen, schwarzgrauen bis graublauen Kieselschiefer, auf dessen Absonderungsflächen sekundärer Quarz ausgeschieden ist. Die ganze Masse zeigt eine deutliche Schichtung. Wie Walter

<sup>1)</sup> G. Rose, Reise nach dem Ural, I, 1837, 162—164. — Lebedew, Die Kornilowsche Schlucht und das Vorkommen von Rhodonit im Ural; Verh. kais. russ. min. Gesellsch. (2), XIII, 1878, 1; Ref. Ztschr. f. Krystallogr., II, 1878, 501—502. — Kantkiewicz, Geologische Untersuchungen längs der uralischen Eisenbahn; Russ. Bergjournal, 1880, II, 325—373; Ref. N. Jahrb., 1883, II, 358.

<sup>2)</sup> Walter, Jahrb. k. k. geol. Reichs-Anst., XXVI, 1876, 373—382.

erkannte, bestand die Lagerstätte ursprünglich aus Glimmerhornblendeschiefer mit zwischengelagerten Bänken von graulich-grünem und fleischrotem Kiesel-mangan, in welches Manganspat eingesprengt ist. Frische Kiesel-manganbänke ließen sich tatsächlich bei Oitza, an der Grenze zwischen der Bukowina und Siebenbürgen, noch nachweisen. Die Manganerze sind durch eine Verwitterung solcher entstanden, und Walter schildert diesen Prozeß folgendermaßen: „Erste Veranlassung zu dieser Ausbildung sind die vielfachen feinen Risse und Spalten, welche die Gebirgsschichten nach allen Richtungen durchkreuzen. In außerordentlicher Menge sind diese Absonderungsflächen, Risse usw. im Kiesel-mangan vorhanden. Beim ersten Verwitterungsgrad des Kiesel-mangans präsentieren sich diese Risse im Querbruche eines Stückes als schwarze, papierdicke Linien, die sich nach allen Richtungen netzförmig durchkreuzen. Die Innenflächen der äußerst feinen Risse haben sich offenbar mit einer sehr dünnen Kruste eines schwarzen Manganerzes überkleidet . . . Einmal in Gang gesetzt, nimmt nun die Zersetzung des Kiesel-mangans einen rascheren Verlauf. Es erscheint auf allen seinen Klüftungsflächen mit einer Lage tiefschwarzen, intensiv glänzenden Manganerzes bedeckt. Zerschlägt man einen Knauer im vorge-schrittenen Zersetzungsstadium begriffenen Kiesel-mangans, so zerfällt er ziemlich leicht in polyedrische Stücke. Stellt man nun an einem der letzteren eine frische Bruchfläche her, so findet man die Mitte des Stückes noch aus unzer-setztem Kiesel-mangan bestehend.“ Der Braunstein liegt in 0,2—2 m mächtigen Bänken zwischen den gleichfalls stark veränderten Schiefen, deren Hornblende die Veranlassung zur Entstehung von Brauneisenstein und Asbest gegeben hat; Wad und traubiger und schlackiger Braunstein erfüllen, wie jene, Spalten und Risse inmitten der Masse. Hauptmanganerz ist der Pyrolusit.

Die Zusammensetzung des Erzes von Oberarschitzka wird folgendermaßen angegeben:

	I.	II.
SiO <sub>2</sub> . . . . .	27,5	35,5
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	25,6	25,0
CaO . . . . .	0,5	—
MnO <sub>2</sub> . . . . .	32,4	28,4
Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub> . . . . .	6,9	4,7
H <sub>2</sub> O . . . . .	7,1	6,4

Gewisse Schichtenstörungen und Verwerfungen, welche sich in der Nähe dieser Lagerstätte und in ihr befinden, führt Walter auf die Volumvermehrung bei der Umwandlung des Kiesel-mangans zurück.

Im Jahre 1901 wurden 2840, 1902 1636 t Manganerz gewonnen.

In den trilobitenführenden devonischen Tonschiefern von Germ, Loudervielle und der Serre d'Azet im Dep. Hautes-Pyrénées<sup>1)</sup> kommen zentimeter- bis mehrere Meter mächtige kieselige Bänke vor, die stellenweise reich sind an Rhodonit und Friedelit, [SiO<sub>4</sub>]<sub>4</sub>Mn<sub>4</sub>[MnCl]H<sub>7</sub>, und den umgebenden Schiefen parallel lagern. Die von Quarz begleiteten Mangansilikate zeigen eine zarte

<sup>1)</sup> Fuchs et de Launay, Gites minéraux, II, 11—12, Lit. — Lacroix, Minéralogie de la France, I, 1893—1895, 632.

Bänderung. Innerhalb der Bänke treten Putzen von Manganoxiden mit wohl sekundärem Manganspat, selten auch etwas Manganblende und Hübnerit ( $MnWO_4$ ) auf. Man hat früher die oberflächlichen Umwandlungsprodukte des Rhodonits abgebaut.

Vielfach verbreitet sind Manganerze in den Kieselschieferzonen des deutschen Culms. Im Harz bilden die letzteren die untersten Schichten der Formation und zeigen stellenweise bei lebhafter Färbung und ausgezeichneter Bänderung einen auffälligen Mangangehalt. Die von Wunderlich ausgeführten, von v. Groddeck<sup>1)</sup> mitgeteilten Analysen von Oberharzer „Adinolen“ (d. s. helle, teilweise bis zu 10% Natron enthaltende, oft rot und grün gebänderte, an Kieselschiefer erinnernde Gesteine) erweisen teilweise einen reichlicheren Bestand an Manganoxydul als die Kiesel- und Wetzschiefer. Aus den Culmkieselschiefern entwickeln sich stellenweise Lager von Kieselmanganerz mit Manganspat, wie solche bei Lautenthal durch Klockmann<sup>2)</sup> bekannt geworden sind.

Am längsten kennt man die Manganerzlagerstätten im Culm des Schäbenholzes bei **Elbingerode** im Unterharz.<sup>3)</sup> Der teilweise schön rosenrote Rhodonit findet sich in einer mindestens 8 m mächtigen Zone von Culmkieselschiefern in verschiedenen Strukturvarietäten und Farben, durchhäutert mit Quarz und in Begleitung von Mangansuperoxyden, Wad und Manganspat. Im Jahre 1859 war die Lagerstätte auf 100 m Länge aufgeschlossen; man förderte damals 20 000 Ztr. Erz mit 60—65, in reinen Mitteln mit bis 71% Superoxyd. Mangankiesel, mit Brauneisen durchwachsen, bildete etwa  $\frac{1}{8}$  der Lagermasse, welche im übrigen aus etwa 33% gutem Manganerz und sonst aus Brauneisen bestand, der durch Ton, Schiefer und Quarzstücke verunreinigt war. Mittels des Mikroskopes erkennt man, daß das frische, rosenrote Gestein wesentlich aus feinkristallinem Quarz und sehr viel blaßrotem Pyroxen besteht. Karbonate fehlen in ihm scheinbar ganz.

Auch im Culmkieselschiefer **Nassaus** kommen Einlagerungen von Manganerz im Kreise Biedenkopf und im Amt Hadamar vor.<sup>4)</sup> Die viel wichtigeren Manganerzlagerstätten auf dem devonischen Kalk von Wetzlar, Gießen usw. sind metasomatischer Entstehung und werden später zu besprechen sein.

Bei Laisa, nächst Battenberg im Kreis Biedenkopf herrschen Posidonien-schiefer (Culm) mit Kieselschieferinlagerungen; letztere bestehen aus fleischroten bis braunroten, 2—15 cm mächtigen Schichten. Einzelne Komplexe derselben von 6—20 Bänken, im ganzen 0,5—1 m mächtig, enthalten nicht nur auf den Schichtfugen, sondern auf allen Klüften Gemenge von kurzfasrigem Pyrolusit

<sup>1)</sup> Beiträge zur Geognosie des Oberharzes; Ztschr. d. deutsch. geol. Ges., XXIX, 1877, 434—435. — Wunderlich, Beitrag zur Kenntnis der Kieselschiefer, Adinolen und Wetzschiefer des nordwestlichen Oberharzes; Diss. Leipzig 1880.

<sup>2)</sup> Berg- und Hüttenwesen des Oberharzes, 1895, 65.

<sup>3)</sup> Jasche, Kleine mineralogische Schriften, Sondershausen 1817, 1—12. — Brandes, Über die Mangan-Carbonato-Silicate des Unterharzes; Schweigg. Journ. f. Chemie u. Physik, XXVI, 1819, 103—155. Mit mineralogischen Bemerkungen von Germar. — Holtzberger, Neues Vorkommen von Manganerzen bei Elbingerode am Harze; Berg- u. Hüttenm. Ztg., XVIII, 1859, 383.

<sup>4)</sup> Zerrenner, Die Brauneisen- oder Manganbergbaue in Deutschland, Frankreich und Spanien, 1861. — von Dechen, Die nutzbaren Mineralien und Gebirgsarten im Deutschen Reiche, 1873, 676. — Riemann, Beschreibung des Bergreviers Wetzlar, 1878. — Wenckenbach, Beschreibung des Bergreviers Weilburg, 1879. — Schneider, Das Vorkommen von Inesit und braunem Mangankiesel im Dillenburgischen; Jahrb. preuss. geol. Landes-Anst., 1887, 472—496. — Ders., Neue Manganerze aus dem Dillenburgischen; Ztschr. d. deutsch. geol. Ges., XXXIX, 1887, 829—834.

und besonders Psilomelan, die nach allen Richtungen hin Schnüre, Platten, Trümer und Nester bilden. Einen solchen Komplex von Schichten bezeichnete man als ein Braunsteinlager.

Diese technisch unwichtigen Lagerstätten, wie solche u. a. auch bei Eimelrod im großherzoglich hessischen Kreis Vöhl bis in unbedeutende Tiefe abgebaut worden sind, haben nur mehr ein wissenschaftliches Interesse.

Im Culm der südspanischen Provinz **Huelva**<sup>1)</sup> gibt es zahlreiche Manganerzvorkommnisse. Dieselben sind konkordant zwischen die vorzugsweise aus Tonschiefern bestehenden Schichten eingelagert und fast immer gebunden an unregelmäßige Massen von „Jaspis“ und Quarzit. Mangankarbonat und -Silikat treten in wechselnden Verhältnissen und Formen auf, letzteres oft an Jaspis erinnernd. „Das Muttergestein (oft Jaspis) und die oberen Teile der Lagerstätten, soweit sie aus Erz bestehen, sind stets in kompakten Braunstein umgewandelt. Die Zahl der einzelnen linsenförmigen Lager und Massen ist eine beträchtliche. In der Tat haben die Bergbau-Operationen das Vorhandensein von einigen hundert Lagern mit Gewißheit nachgewiesen, und zu dieser Gesamtsumme dürften noch künftige Entdeckungen kommen.“ (Doetsch.)

Die streichende Ausdehnung der hauptsächlich aus Pyrolusit und Psilomelan, mehr untergeordnet auch aus Manganit und Wad bestehenden Einlagerungen ist eine geringe, wenn sie sich auch auf kilometerweite Erstreckung im Streichen der Schichten wiederholen. Die Erze finden sich zumeist an der Grenze zwischen rotem Jaspis und Tonschiefern oder grauwackeähnlichen Gesteinen; die harten kieseligen Bänke treten oft als scharfe Klippen und deutliche Erhebungen aus der Landschaft hervor. Die Struktur der Erze ist oft eine stalaktitische, was ebenso wie sekundäre Quarzkristalle und die das Erz durchziehenden Quarzadern darauf hinweist, daß an der jetzigen Gestaltung der Lagerstätten jüngere Prozesse mitgewirkt haben. Die Mächtigkeit der nesterförmigen Braunsteinmassen, welche nach Gonzalo y Tarín oft nur bis zur geringen Tiefe von 20 m, selten bis zu 70—80 oder gar 100 m verfolgt werden konnten, beträgt nach Bellinger 4—16 m. Im allgemeinen verschwinden die Manganoxyde in einer Teufe von etwa 40 m. Mitunter sind die Erze sehr stark mit Eisenoxyd verunreinigt; der Mangangehalt der zwischen 1880 und 1882 aus Huelva exportierten Manganerze betrug ziemlich gleichmäßig für alle in Betracht kommenden Ursprungsorte ungefähr 45% im Mittel, der Superoxydgehalt war ein hoher.

Das oberflächliche, nur bis zu geringer Tiefe reichende Auftreten der Manganerze war Veranlassung, dieselben für Hohlraumsfüllungen, für Zusammenhäufungen in „Taschen“ zu halten. Gonzalo möchte dieselben, ebenso wie die benachbarten Quarzite und Jaspise, in genetische Beziehungen zu dem Auftreten der dort allenthalben verbreiteten Einlagerungen von basischen und sauren

<sup>1)</sup> Bellinger bei Odernheimer, Das Berg- und Hüttenwesen in Nassau, 1865, II, 291—304. — F. Römer, Geologische Reisetudien aus der Sierra Morena; N. Jahrb., 1873, 262—263. — Gonzalo y Tarín, Descripción física, geológica y minera de la Provincia de Huelva; Mem. d. l. Com. d. Mapa geológico de España, II, 1888, 221—231, 542—584. — Doetsch, Die Manganerz-Lager der Provinz Huelva; Österr. Ztschr. f. Berg- u. Hüttenw., L, 1902, 208—210.

Eruptivgesteinen bringen und hält sie für Gänge. Am wahrscheinlichsten aber dürfte wohl eine Entstehung aus manganhaltigen, oberflächlich verwitterten Kiesel-schiefern sein. Diese Auffassung hat neuerdings auch Doetsch ausgesprochen, welcher in den Erzen Absätze aus Lösungen erblickt, welche durch Einwirkung von Schwefelsäure auf die manganhaltigen Tonschiefer entstanden seien. Die Säure sei auf die Verwitterung des allenthalben in den Tonschiefern verbreiteten Pyrits zurückzuführen.

Die südspanischen Manganerzgruben liegen etwa in der gleichen O.—W. streichenden Zone wie die viel berühmteren und großartigeren Kieslager der Provinz Huelva. Die Hauptvorkommnisse wurden bei El Granado (wenig östlich vom Guadiana, etwa 20 km SO. von S. Domingos), zu Almendro, Puebla de Guzman, Alosno, Cabezas Rubias, El Cerro, Calañas, Zalamea und Campofrio (bei Rio Tinto) seit 1858 und den folgenden Jahren abgebaut. Die größte Ausfuhrziffer von Manganerzen aus Huelva in früherer Zeit betrug 36475 t im Jahre 1878; sie sank dann und betrug noch 1893 kaum 6500 t. Seit 1897 ist sie neuerdings auf über 100000 t gestiegen und betrug 1900 112000 t.

Zu Vigunſca oder Vigunſica im Bezirk Radmannsdorf in Oberkrain kommen bedeutende Manganerzmengen mit bis zu 45% Mangan in den Campiler Schichten der unteren alpinen Trias lagerförmig vor. Das Liegende und Hangende ist Schiefer, überlagert von brecciösem Kalk. Die vielfach verdrückte und gestörte Lagerstätte hat eine Mächtigkeit von 1—4 m und ist auf eine streichende Länge von ungefähr 2800 m bekannt. Wegen ihres geringen Superoxydgehaltes haben die Erze nur eine Verwendung auf den Eisenhütten von Sava und Jauerburg im Oberen Savetale und jetzt zu Servola bei Triest gefunden.<sup>1)</sup> Kieselmanganerz ist in dem Flöz scheinbar nicht zu sehen, die genetische Stellung des Lagers daher keine ganz sichere. Die Produktion betrug 1902 4000 t.

Bei Čevljanović in Bosnien, 26 km nördlich von Sarajevo, treten nach Walter<sup>2)</sup> Manganerze in den untertriasischen Werfener Schichten auf.

Die Manganerzformation ruht auf Kalksteinen der untersten Trias und besteht aus roten, grünen, gelben und weißen Sandsteinschiefern, in welche häufig bunte Jaspislagen eingeschaltet sind. Das Erz besteht aus Pyrolusit und Psilomelan und bildet gewöhnlich mehrere Lagen im Schiefer in Begleitung von Jaspis, manchmal mit letzterem dicht verwachsen. Die wichtigeren Manganlager-

<sup>1)</sup> Hofbauer, Bergwerksgeographie des Kaisertums Österreich, Klagenfurt 1888, 39—40. — Fessel, Beschreibung des Manganerzbaues zu Vigunſca; Ztschr. d. berg- und hüttenm. Vereins für Kärnten, 1875, No. 21—22; Ref. Jahrb. k. k. geol. Reichs-Anst., XXV, 1875, Verh. 344—345.

<sup>2)</sup> Beitrag zur Kenntniss der Erzlagerstätten Bosniens, 1887, 44—72. — v. Hauer, Erze und Mineralien aus Bosnien; Jahrb. d. k. k. geol. Reichs-Anst., XXXIV, 1884, 756—757. — Poech, L'industrie minérale de Bosnie-Herzégovine; Monographie publiée à l'occasion du Congrès international des mines et de la métallurgie de l'Exposition universelle de Paris, 1900, 38—39. — Die Mineralindustrie Bosniens und der Herzegovina; Berg- u. Hüttenm. Ztg., LIX, 1900, 526.

stätten liegen nahe Čevljanović am Berge Grk und bei Draževic. Sie sind an einen etwa 700 m langen und 100 m breiten Schichtenstreifen gebunden und werden durch Tagebau und unterirdisch abgewonnen. An den verschiedenen Punkten der Baue ist die Zahl der Erzlagen ebenso wie die Qualität der Erze verschieden. Die Mächtigkeit der Lagen beträgt im allgemeinen 1,5—3 m; sie sind voneinander durch bunte Schiefer von nur 0,2—1,2 m getrennt und entweder dicht, mit einem Manganengehalt von 50—54%, oder porös, leicht und mattbraun mit einem geringeren Metallgehalt.

Im großen ganzen wird man wohl auch die triasischen Manganerze Bosniens als Verwitterungsrückstände manganführender Jaspise zu betrachten haben; in den letzteren kann man, besonders gut auf der Grube Sabanke bei Čevljanović, noch Reste von Kieselmangan beobachten.

Nach Poech enthalten zwei Erze von Čevljanović:

	Mn	SiO <sub>2</sub>	Fe	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P	S
I . . . .	46,01	12,98	5,30	2,76	0,07	0,94
II . . . .	50,42	11,48	5,53	0,90	0,07	—

Die jährliche Produktion beträgt 7000—8000 t.

Die Verwitterung der manganführenden Schichten führt stellenweise zu einer Anreicherung der Manganerze im Gehängeschutt. Letztere sind dann mitunter sogar abbauwürdig.

Den beschriebenen bosnischen Manganerzen ähnliche kommen scheinbar auch in Serbien vor.<sup>1)</sup>

Im sog. „älteren Flysch“ Bosniens, der der Kreideformation zuzurechnen ist, finden sich in der Nachbarschaft von Serpentin Jaspisschichten, begleitet von Sandsteinen, Schiefertönen und Kalken. Nicht selten enthalten dieselben Mangansilikat und überziehen sich dann bei der Verwitterung mit einer schwarzen Rinde oder geben wohl auch Anlaß zur Entstehung derberer Massen von Pyrolusit. Solche Erze sind stellenweise in der Umgebung von Ivanjska, indessen ohne großen Erfolg in Abbau genommen worden.<sup>2)</sup>

Bei Roffna<sup>3)</sup> im Oberhalbstein (Graubünden) kommen Manganerze als Einlagerungen im (jurassischen oder tertiären?) Bündnerschiefer der Falotta in 2300 m Seehöhe und an der Tinzener Ochsenalp (2200 m hoch) vor. An der Falotta sind Erze Pyrolusit, Polianit und Psilomelan, durchzogen von Quarzadern und übergehend in Kieselschiefer und roten Jaspis. Ähnlich ist das Vorkommen an letzterer Alpe. Unterhalb der Falotta liegen große Mengen abgestürzter Lagermasse an der Alpe Plaz; nur diese letzteren haben noch im Jahre 1892 eine Verwendung als Glasurerze erfahren.

In Italien kommen Manganerzlager sowohl in senonischen wie in eocänen Jaspisschiefern vor. Zu den ersteren gehören die Erze von Rapolano<sup>4)</sup> in Toscana, zwischen Siena und dem Trasimener See. An Kieselschiefer sind auch

<sup>1)</sup> Götting, Über ein altes Bergwerks-Emporium in Serbien; Berg- u. Hüttenm. Ztg., LX, 1901, 238.

<sup>2)</sup> Walter, l. c. 72—83.

<sup>3)</sup> Tarnuzzer, Die Manganerze bei Roffna im Oberhalbstein (Graubünden); Ztschr. f. prakt. Geol., 1893, 234—236.

<sup>4)</sup> Lotti, Depositi minerali, 109.

die Manganerze von **Gambatesa**<sup>1)</sup> (in der Gemeinde Né e Maissana) im östlichen Ligurien gebunden. Dieselben liegen in der „Ophiolithformation“, d. h. dem von Serpentin begleiteten Eocän und bestehen aus Manganit und Pyrolusit mit einem Mangangehalt bis zu 50%. Die Kieselschiefer haben eine intensiv rote Farbe.

Die Manganerzproduktion war zeitweise eine ziemlich umfängliche, jetzt ruht sie fast ganz. Neben der Grube am Monte Argentario in der Provinz Grosseto, welche metasomatische Erze abbaut und von der deshalb später die Rede sein soll, sind diejenigen von Gambatesa die wichtigsten des italienischen Festlandes.

\* Wie die Entstehung der Kieselschiefer, Jaspise und überhaupt die Anhäufung so großer Massen von fast reiner Kieselsäure als chemisches Präzipitat auf dem Meeresboden, wie wir sie etwa für den unteren Culm des Harzes annehmen müssen, noch unverständlich ist, so wenig kann die offenbare Tatsache erklärt werden, daß diese Absätze verhältnismäßig große Mengen Mangan zu konzentrieren vermögen. Möglicherweise zwingt die wohl größtenteils gelatinös aus dem Meere sich ausscheidende Kieselsäure suspendierte Flocken von Manganoxiden, welche, wie später gezeigt werden soll, sich manchmal massenhaft auf dem Meeresgrund zu Konkretionen zusammenballen, mit ihr zu Boden zu sinken. Daß sich reichlichere Kieselsäure-, Eisen- und Manganabsätze im Gefolge vulkanischer Eruptionen vollziehen, dürfte manchmal der Fall sein, sich aber nicht allgemein behaupten lassen. Es ist sonderbar, daß in diesen Sedimenten das Mangan mindestens häufig als Oxydul vorhanden ist. Andererseits ist die Entstehung des Rhodonits in den Mangankieselschiefern nicht so wunderbar, wie es vielleicht auf den ersten Blick scheinen möchte; denn dieser Pyroxen ist eines der wenigen Silikate, das sich z. B. auch auf Erzgängen auf wässrigem Wege zu bilden vermag. \*

#### **Lager von Manganoxiden, hervorgegangen aus Mangankarbonat.**

Der direkte Absatz von Mangankarbonat kann ebenso als erwiesen gelten wie derjenige von Spateisenstein. Denn die verschiedensten Spateisensteinlager sind häufig so reich an Mangan, daß dadurch ein besonderer Vorzug derselben geboten ist. Reichere schichtige Lagerstätten von Mangankarbonat sind indessen mindestens selten, vielleicht wegen der sehr geringen Widerstandsfähigkeit derselben gegen Atmosphärien, welche das Karbonat besonders leicht in Oxyde und Manganit überführen.

Der in so vieler Beziehung montangeologisch merkwürdige Minendistrikt von **Ouro Preto**<sup>2)</sup> in Minas Geraes (Brasilien) ist neuerdings auch unter die

<sup>1)</sup> Catalogo della mostra fatta dal Corpo Reale delle Miniere all'Esposizione universale del 1900 a Parigi, Roma 1900, 58, 76—77.

<sup>2)</sup> Ar-Rojada Ribeiro Lisboa, Über die Manganerzgruben in Minas Geraes. Nach dem Jornal do Comercio, Juni 1898 und März 1899 ref. von Hussak, Ztschr. f. prakt. Geol., 1899, 256—257. — Kilburn Scott, The manganese ores of Brazil; Journ. of the Iron and Steel Institute, LVII, 1900, 179—210; Ref. Ztschr. f. prakt. Geol., 1901, 263—265. — Derby, ebendort 210—215. — Mineral Resources of the United States, 1901, 140—143.

Reihe der wichtigsten Manganproduzenten getreten. Ein Teil der Lagerstätten ist an eine Schichtenfolge von Glimmerschiefern, Itabiriten und Kalksteinen gebunden, wie das die Fig. 62 zeigen soll. Der weiße dolomitische Kalkstein hat einen Mangangehalt von 1,5%, die darüberliegende Zone unreiner Manganerze soll aus der Zersetzung manganhaltigen Gesteines hervorgegangen sein und enthält 1,3—2,5% Baryum; der Mangangehalt nimmt zu gegen das

weiterhinfolgend über 3 m mächtige Erzlager, welches zu 80% aus reinem hartem Erz, den beistehenden

Analysen zufolge wohl aus Psilomelan besteht. Der im Hangenden des Lagers auftretende Itabirit zeigt eine Wechselfolge von

zentimeterdicken quarzitischen und aus Eisenglanz bestehenden Lagen und ruht seinerseits unter einer Bank eines kieselsäure- und eisenreichen grauen Kalksteines, der wiederum von zersetztem Glimmerschiefer bedeckt wird. Der vorhin genannte weiße Kalkstein umschließt Kristalle von Hornblende, Manganganat (Spessartin) und Magnetit.

Das Hauptvorkommen ist dasjenige von Miguel Burnier; es dehnt sich über eine Länge von 5—6 km aus. Die durchschnittliche Zusammensetzung der dortigen Erze erweisen folgende Analysen:

SiO <sub>2</sub> . . . . .	0,53	1,27
MnO <sub>2</sub> . . . . .	80,62	79,40
MnO . . . . .	5,47	6,23
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	2,21	1,45
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	2,50	4,03
BaO . . . . .	2,30	1,90
CaO . . . . .	0,70	Spur
MgO . . . . .	1,05	0,05
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0,07	0,048
SO <sub>2</sub> . . . . .	Spur	0,065
As <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	—	0,034
K <sub>2</sub> O + Na <sub>2</sub> O . . . . .	Spur	0,55
H <sub>2</sub> O . . . . .	4,95	4,74
	<u>100,40</u>	<u>99,767</u>
Mn . . . . .	55,14	bezw. 55,02
P . . . . .	0,030	„ 0,021.

Seit 1894 wird die Lagerstätte, deren Erzmenge auf 2 Mill. Tonnen geschätzt wurde, im großen Maßstab abgebaut.

Nach Derby gehören diese Manganerzlager nicht, wie es wohl anfänglich scheinen könnte, zum Typus Långban, sondern sie sollen zu verschiedenen Zeiten

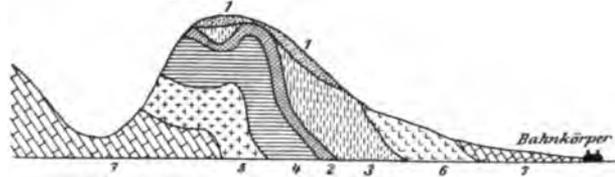


Fig. 62. Profil durch die Wiggsche Mangangrube bei Kil. 500 der Ouro Preto-Zentralbahn nahe Miguel Burnier. 1 „Canga“, eluviales Eisenerz; 2 Manganerzlager; 3 Itabirit (Jacutinga); 4 erdige Eisen- und Manganerze; 5 weißer Kalkstein; 6 grauer Kalkstein; 7 Glimmerschiefer. (Kilburn Scott, 1900.)

durch eine Auslaugung des Kalkes aus dem manganhaltigen Gestein entstanden sein. Die mehr kristallinischen Erzlager sind älteren, die zwischen ihnen und dem Kalkstein auftretenden unreinen erdigen Erze, welche Rutil, Quarzkörner und sehr wenig tonige Substanzen enthalten, jüngerer Entstehung. Der Auslaugungsprozeß müßte schon vor der Gesteinsmetamorphose begonnen haben.

Die Besprechung der Lagerstätten möge einstweilen hier ihren Platz finden, wenn auch ihre Entstehungsweise noch wenig aufgeklärt zu sein scheint. Aus den Beschreibungen geht übrigens hervor, daß ein großer Teil des gewonnenen Erzes eluvial ist und sich in Blöcken nahe den vielfach verwitterten Kalken und Itabiriten in Bachbetten vorfindet. Nicht alle Manganvorkommnisse in der Umgebung von Ouro Preto gehören dem soeben beschriebenen Typus an; so scheinen diejenigen von Lafayette südlich von Miguel Burnier gangförmig in Granit aufzusetzen.

Im Jahre 1902 hat Brasilien 143000, im Jahre 1900 130000 t Manganerz exportiert, welche zum allergrößten Teil aus den Minas Geraes stammten.

Nach Halse<sup>1)</sup> sind zu **Barmouth** und **Harlech** in der englischen Grafschaft Merioneth (an der Westküste von Wales) innerhalb cambrischer Quarzite und Sandsteine drei Lager von je  $1\frac{1}{2}$ —3 km streichender Länge und bis zu 60 cm Mächtigkeit bekannt, welche zutage aus Oxyden, in der Tiefe aber aus Mangankarbonat bestehen sollen. Sie sind 1835—1840 und auch späterhin noch zeitweise auf oxydische Manganerze abgebaut worden.

In devonischen Schichten der Pyrenäen kommen bei Rimont (Dep. Ariège) Einlagerungen von Manganspat vor.<sup>2)</sup>

Die roten Mergel der Nummulitenformation am Nordfuß der Karpathen enthalten nach Hohenegger<sup>3)</sup> nicht selten kleine Flöze von Mangankarbonat.

Rzehak<sup>4)</sup> hat nachgewiesen, daß die im oligocänen Ton von Mähren (Nikoltschitz, Krepitz und Krzizanowitz bei Austerlitz) auftretenden, bis über kopfgroßen rundlichen, aber auch gerundet-kantigen Manganerzeinschlüsse aus Mangankarbonat hervorgegangen sind. Oberflächlich besitzen dieselben eine oft mehrere Zentimeter dicke Kruste von  $MnO_2$ , im Innern bestehen sie häufig aus einem lichterem Kern, der manchmal wie dichter Kalkstein oder Dolomit aussieht, aber über 40%  $MnCO_3$  enthalten kann. Der Übergang des letzteren in das Superoxyd läßt sich in verschiedenen Stufen nachweisen. Rzehak erblickt in den Klumpen Konkretionen, die auf dem tertiären Meeresboden entstanden seien. In den verschiedenartigsten Sphärosideriten ist ein Mangangehalt so verbreitet, daß es nicht wunderbar erscheinen darf, wenn einmal das Mangankarbonat auch in größerer Menge in derartigen Gebilden auftritt.

Manche Manganerzvorkommnisse, über deren Entstehung sich keine genaueren Feststellungen mehr machen lassen, dürften vielleicht aus Mangankarbonat hervorgegangen sein. So finden sich zu Sosnowka im Kreis Morschansk in Zentralrußland Manganerzknollen in Begleitung von Sphärosiderit in einem blauen Tone, dessen Liegendes unterkretaceische Tone, dessen Hangendes cenomane Glaukonit-sande bilden.<sup>5)</sup>

<sup>1)</sup> The occurrence of manganese ore in the cambrian rocks of Merionethshire; Transact. North of Engl. Inst. Min. and Mech. Eng., XXXVI, 1887, 103—117.

<sup>2)</sup> Fuchs et de Launay, Gîtes minéraux, II, 12, nach Lacroix.

<sup>3)</sup> Die geognostischen Verhältnisse der Nordkarpathen, 1861, 34—35.

<sup>4)</sup> Über ein merkwürdiges Vorkommen manganhaltiger Minerale in den älteren Tertiärschichten Mährens; Tscherm. min. petr. Mitt. Neue Folge, VI, 1885, 87—91.

<sup>5)</sup> Ztschr. f. prakt. Geol., IX, 1901, 246, nach Nikitin.

### Lager von Psilomelan und Pyrolusit als primäre Sedimente in jüngeren marinen Schichten.

In tertiären Tonen, Mergeln und Sandsteinen kommt Braunstein in Oolithen, Knollen und plattigen Massen oder in pulverig-erdiger Ausbildung vor. Typisch für dieses Auftreten sind die Manganlagerstätten des südlichen Rußlands. Eine Reihe anderer Vorkommnisse soll hier einstweilen mit diesen behandelt werden.

Zu den wichtigsten Manganerzlagern der Erde gehören diejenigen von Transkaukasien.<sup>1)</sup> Dieser zwischen dem Schwarzen Meer und dem Kaspisee gelegene südlichste Teil Rußlands hat zahlreiche sowohl gangförmige wie schichtige Manganerzlagerstätten. Im Gouvernement Tiflis setzen mitunter mehrere Meter mächtige Gänge in Melaphyren auf, so z. B. im Kreis Gory am Fluß Zeteli-gele und am Fluß Tscherat-chevi. Im gleichen Gouvernement kennt man bis zu 8 Fuß mächtige Lager im Senon beim Dorf Tschchikfta (50 km von Tiflis) und ganz analog auf dem Berg Madeni-sseri; beide Lagerstätten liegen am Fluß Alget und haben ein Einfallen von etwa 40°. Im Gouvernement Elisabethpol werden auf einer Fläche von 800 Dessjatinen (= ca. 800 ha) Manganerze in der Nähe der Bahnstation Tagli abgebaut. Ihr durchschnittlicher Metallgehalt beträgt 54,8%. Außerdem gibt es in demselben Gouvernement noch eine Reihe anderer Lager. Im Gouvernement Baku kennt man fußdicke Manganerzlager in grauen, steil einfallenden eocänen Mergeln bei Perekeschkül am Fluß Sumgait-tschai und nördlich davon. Untergeordnete Manganvorkommnisse sind durch die Gebiete von Eriwan und Batum zerstreut.

Weitaus am wichtigsten sind die großen und weit ausgedehnten Lager im Gouvernement **Kutais**. Sie liegen im Flußbecken des Kwiril, eines Nebenflusses des bei Poti ins Schwarze Meer mündenden Rion. Der Hauptort des Bezirks ist Tschiatoura, welches 42 km von der Station Kwiril an der Bahn Poti-Tiflis gelegen ist. Von Kwiril bis zum Schwarzen Meer beträgt die Entfernung noch 126 km. Die Lagerstätten bedecken ein Gebiet von 126 Quadratwerst (143 □km), das von dem nach SW. fließenden Kwiril in zwei fast gleiche Teile geteilt wird. Das Land ist ein hoch über dem Meeresspiegel liegendes, von den tiefen Einschnitten des Kwiril und seiner Seitentäler durchrissenes Plateau. Die Täler haben steile, terrassenförmige Wände. Die obersten Stufen derselben bestehen aus eocänen Sanden und sind erzführend. Wegen dieser ausgezeichneten natürlichen Aufschlüsse und weil die Schichten sich in ungestörter, fast horizontaler Lagerung befinden, ist die Auffindung wie der Abbau der Erze leicht.

<sup>1)</sup> Fuchs et de Launay, Gites minéraux, II, 17—22. — Macco, Die Excursion des VII. internationalen Geologen-Congresses nach dem Kaukasus und der Krim; Ztschr. f. prakt. Geol., 1898, 196—206, besonders 204—205. — Drake, The manganese ore industry of the Caucasus; Transact. Am. Inst. Min. Eng., XXVIII, 1899, 191—208, 841. — Pourcel, Note sur les gisements de manganèse de Tchiatour (Caucase); Ann. des Mines (9), XIII, 1898, 664—675. — Der folgenden Darstellung liegt hauptsächlich die russisch geschriebene Broschüre zugrunde: „Das kaukasische Manganerz“. Herausgegeben von dem Ausschuß der Vereinigung der Mangangrubenbesitzer, Kutais 1901. Derselben sind auch die abgebildeten Profile entnommen.

Die eocänen Schichten liegen auf Kalksteinen der oberen Kreide; die Manganerze finden sich an ihrer Basis, wechsellagern mit Sanden und Sandsteinen und sind auch in solchen eingelagert. Die bestehenden Profile zeigen die Lagerungsverhältnisse (Fig. 63). Das Hangende des erzführenden

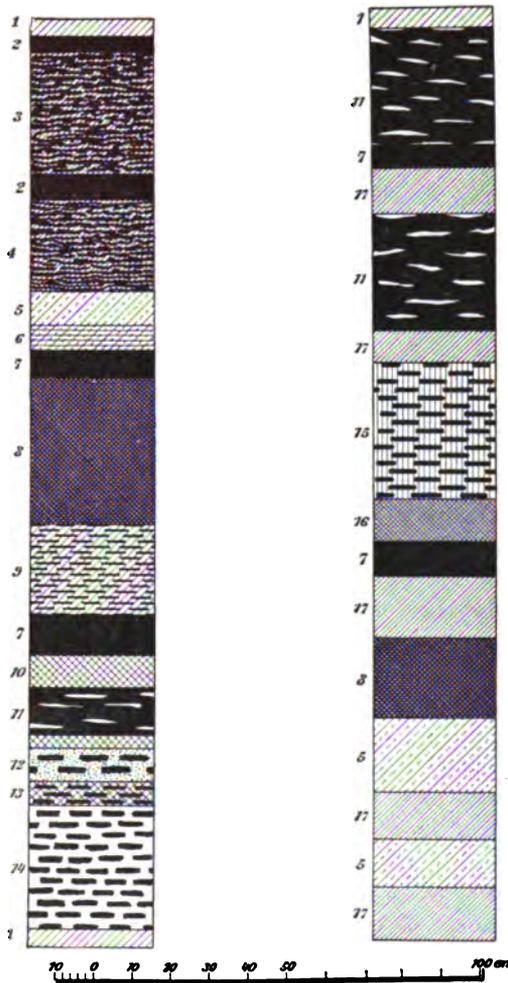


Fig. 63. Profile durch die Manganerzablagerungen von Mgwimewi und Schukruti bei Tschiatura. 1 Sandstein; 2 dichtes, mattes Erz; 3 braunes, erdiges Erz; 4, 9 dasselbe mit Sandstein durchschichtet; 5 schwarzes, feinkörniges Erz; 6 dasselbe mit Sandstein durchschichtet; 7 dichtes Erz; 8 schwarzes, körniges Erz mit dichten Elnlagerungen; 10 weißer Sandstein; 11 schwarzes, grobkörniges Erz; 12 schwarzes, feinkörniges Erz mit Bänder von dichtem Erz; 13 brauner, manganhaltiger Sandstein; 14 grobkörniges, schwarzes Erz mit dichten Elnlagerungen; 15 braunes, grobkörniges Erz; 16 gelber Sandstein mit grobkörnigem Erz; 17 grauer Sandstein.

das harte Manganerz oder bestehen gar aus Wad. Die kleinsten solcher Konkretionen sind deutlich schalige, noch unter millimetergroße Kügelchen, unregel-

eingelagert. Die bestehenden Profile zeigen die Lagerungsverhältnisse (Fig. 63). Das Hangende des erzführenden Schichtenkomplexes, dessen Mächtigkeit 2—3 m beträgt, bilden Sandsteine und kieselführende Kalke. Gegen die Mitte des Erzfeldes zu ist die Qualität der Erze am besten; die wertvollsten Lagerstätten liegen bei den Dörfern Zeda-Rgani und Mgwimewi auf dem rechten und bei Schukruti am linken Kwirilufer. Gegen den Rand des Beckens nehmen die Sandsteine überhand, und das Erz wird weniger dicht und mehr erdig. 80 % dieses letzteren wandert auf die Halde oder dient als Versatz.

Die Struktur des Manganerzes von Kutais ist eine deutlich konkretionäre, zum großen Teil oolithische. Auch die scheinbar dichten, glänzend schwarzen und fast ganz reinen Massen von hartem Psilomelan lassen erkennen, daß sie aus einer Grundmasse mit dicht eingebetteten knolligen Zusammenballungen bestehen. Diese letzteren treten dann auf der unebenen Oberfläche der Platten als Höcker und Warzen hervor, bilden manchmal, eingebettet in eine tonig-sandige Grundmasse, allein das Erz, zeigen eine nierige oder traubige Oberfläche und sind ausgezeichnet schalig gebaut. Ihre Größe bleibt in der Regel an den vorliegenden Stücken der Clausthaler Sammlung unter 1 cm. Manchmal sind sie erheblich weicher als

mäßig gerundete oder sogar kurz stäbchen- oder zylinderförmige Körperchen, die sich teilweise leicht unter Hinterlassung ihrer äußersten Schalen aus der Grundmasse herauslösen lassen. Zwischen den Konkretionen und in allen Lücken des Erzes liegt häufig eine rötlich-weiße, tonige Masse, welche aus Kaolin, Glimmerschüppchen und eckigen Körnern von Quarz besteht und beinahe als eine Arkose bezeichnet werden könnte. Außerdem ist das Erz mit spätigem Calcit durchwachsen. Kristalliner Pyrolusit ist nur untergeordnet auf kleinen Hohlräumen und Klüften vorhanden.

Innerhalb des manganführenden Schichtenkomplexes besteht ungefähr  $\frac{1}{6}$ — $\frac{1}{4}$  der Mächtigkeit aus dichtem Erz, das Übrige aus Körnern von solchem in Buchweizen- bis Nußgröße und aus tonigem Sandstein. Nach Berechnungen Kozowskys ergibt 1 Quadratsachen (= 4,54 qm) der erzführenden Fläche 266 Pud (= 4360 kg), die letztere also in ihrer Gesamtheit abzüglich 26 Quadratwerst, welche etwa durch Flußerosion abgetragen worden sind, 6650 Mill. Pud oder 110 Mill. t, d. i. etwa das Hundertfache des heutigen Weltbedarfs an Manganerz. Der Metallgehalt des Erzes beträgt durchschnittlich 50%, der Phosphorgehalt der Ende 1897 exportierten Erze war durchschnittlich 0,16%.

Die Ausnutzung der Manganerzlagertstätten von Tschiatura begann in den Jahren 1877—1878 und hat seitdem einen großartigen Umfang angenommen. Die Produktion betrug im Jahre

1885 noch	3640800 Pud (= 59636 t)
1890	10468105 „ (= 171468 t)
1895	7208649 „ (= 117074 t)
1900	40363486 „ (= 661154 t).

Im Jahre 1902 wurden aus Transkaukasien insgesamt 478500 t exportiert.

Manganerzlagertstätten von Bedeutung liegen am Unterlauf des Dniepr.<sup>1)</sup> Am rechten Ufer des Flusses, bei **Nicopol**, ist eine meist kaum 1,5 m mächtige Ablagerung mit bis zu 50% Mangan im Oligocän aufgedeckt worden. Sie wird seit 1887 abgebaut. Die erzführenden Schichten nehmen eine Fläche von 20000 ha ein; sie bestehen aus einem meistens durch Manganoxyde schwarz gefärbten, sandig-tonigen Gestein, welches Knollen von Braunstein enthält. Der letztere soll Pyrolusit sein und „tritt in Gestalt unregelmäßiger Konkretionen mit knolliger Oberfläche und konzentrisch schaliger und stellenweise blasiger Struktur auf; doch kommen auch homogene Konkretionen und Kristalle von Pyrolusit vor“. Glaukonitische Tone scheinen das Liegende und Hangende der Lagerstätte zu bilden, und stellenweise wird diese auch von Glaukonitsand unterlagert. Zu bemerken ist, daß die Manganerzlager des Dniepr-Gebietes in geringer Höhe über dem kristallinen Grundgebirge abgelagert zu sein scheinen, so daß der Gedanke nahe liegt, daß das Mangan aus der Verwitterung des letzteren her stammt.

Bei **Horodizce**, 18 km nördlich von Nicopol hat man ein 2—3 m mächtiges, horizontal gelagertes, von tertiären Tonen überdecktes Manganerzlager in Abbau genommen. Dasselbe ruht fast unmittelbar auf Granit, von welchem

<sup>1)</sup> Sokolow, Über die Manganerzlager in den tertiären Ablagerungen des Gouvernements Jekaterinoslaw; Mém. du Comité géologique. XVIII, 1901. No. 2, 1—80; ausführlicherer Auszug im Jahrb. f. d. Eisenhüttenw., II, 1903, 213—216.

es durch eine 0,35 m mächtige Bank von Kaolin und Sand getrennt ist. Das Erz besteht aus einem Gemenge von Quarzkörnern und Pyrolusitknollen. Die Manganerzproduktion von Nicopol hat 1893 75800, 1894 58000 t betragen.<sup>1)</sup>

Bei **Strullos** in der Nähe von Larnaca auf der Insel Cypern<sup>2)</sup> führt der miocäne Mergel in der Umgebung eines Vorkommens von zersetztem Quarzandesit (Quarzporphyr?) und dazugehörigen Tuffen Pyrolusit und Psilomelan in Knollen und geht selbst in beschränkter Ausdehnung in erdiges Mangan- und Brauneisenerz über, welches früher als „cyprische Umbra“ berthmt war. Nach Terreil ergaben zwei Analysen der Umbra folgende Werte:

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaCO <sub>3</sub>	MgCO <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO <sub>2</sub>	Wasser und Organisches
I . . .	12,28	5,20	8,41	1,70	40,03	24,85	7,53
II . . .	19,56	6,61	Spur	1,02	41,27	24,42	7,12.

In den miocänen, horizontal gelagerten Tonen der Gegend von **Ciudad Real** am Oberlauf des Guadiana in Neu-Castilien kommt ein 1,2 m mächtiges Manganerzlager vor, überlagert von einer 5 m dicken Bank weißen Tons, der gleichfalls 15—20% Erz führt. Der Metallgehalt des Lagers beträgt 40—60% neben einem Phosphorgehalt von 0,25%. Nach Fuchs und de Launay<sup>3)</sup> sind die Erze im Jahre 1893 noch nicht ausgebeutet worden. Die offizielle Statistik von 1900 erwähnt gleichfalls keine Produktion. Die Lagerstätte soll derjenigen von Tschiatura ähnlich sein.

An der Westküste der Insel **San Pietro**,<sup>4)</sup> an der Südwestseite von Sardinien, wird auf den Gruben am Capo Becco und Capo Rosso Manganerz seit Beginn der 80er Jahre des XIX. Jahrhunderts gewonnen. Das Vorkommen besteht aus zwei Lagern von Pyrolusit mit wechselnden Mächtigkeiten von 0,2—0,8 m, die durch eine Schicht schwarzen Tons voneinander getrennt und von Schichten von rotem und gelbem Jaspis bedeckt werden. Letzterer umschließt Lagen von bunten ockerigen Massen. Im Liegenden und Hangenden dieser Schichtenfolge befinden sich weiße oder rote Tone, die wahrscheinlich aus der Zersetzung von Tuffen hervorgegangen sind. Das Ganze liegt zwischen „Trachytbänken“. Das Manganerz ist jedenfalls durch Auslangung der Trachyte und Tuffe entstanden. Die Produktion beträgt jetzt ungefähr 1000 t.

Auf **Milos**<sup>5)</sup> werden beim Cap Vani an der Westspitze der Insel 0,6—1,8 m mächtige, mit Ton verunreinigte Manganerzlager abgebaut. Sie liegen konkordant im Pliocän und haben als Liegendes „Trachyt“. Nach der Karte von Ehrenberg stehen beim Cap Vani Quarzit und verkieselter Tuff an.<sup>6)</sup> Möglicherweise sind diese an Tuffe und Eruptivgesteine gebundenen Manganerze bei der Zersetzung besonders des ersteren entstanden, wie denn gerade kleinere Mangansuperoxydausscheidungen in submarinen Tuffen nicht selten beobachtet werden können. Man gewann im Jahre 1902 15000 t Erz.

<sup>1)</sup> Trassenster, L'industrie charbonnière et sidérurgique de la Russie méridionale; Revue univ. des Mines, XXIV, 1896, 199—202. — Sokolow, l. c.

<sup>2)</sup> Gaudry, Géologie de l'île de Chypre; Mém. Soc. géol. de France (2), VII, 191—192. — Beobachtungen von Bergeat.

<sup>3)</sup> Gîtes minéraux, II, 23—25.

<sup>4)</sup> Fuchs et de Launay, Gîtes minéraux, II, 25—26. — G. vom Rath, Sitzungsber. niederrh. Ges., XL, 1883, 151—152. — Catalogo della mostra fatta del Corpo Reale delle Miniere, Parigi 1900, 59.

<sup>5)</sup> Österr. Ztschr. f. Berg- u. Hüttenw., XLV, 1897, 514. — Zenghelis, Les minerais et minéraux utiles de la Grèce, 1903.

<sup>6)</sup> Inselgruppe von Milos, 1889.

Große Mengen von Manganerz sind an den verschiedensten Orten in Chile vorhanden. Über das geologische Vorkommen derselben ist so wenig bekannt geworden, daß sie hier nur anhangsweise behandelt werden können. Soviel scheint wahrscheinlich zu sein, daß sie größtenteils schichtiger Natur sind.

Nach Ede (bei Phillips und Louis<sup>1)</sup>) kommen diese Erze in Wechselagerung mit Sandsteinen, Tonen, Tonschiefern, Kalkstein und Gips im Hinterland von Coquimbo und Carrizal in jurassisch-kretaceischen Schichten vor. „Die Erzlager sind nie auf große Entfernung hin sehr beständig, sie sind vielmehr oft auseinander gerissen, keilen aus, tun sich wieder unregelmäßig auf, sind stark gestört und gebunden an eruptive Stöcke und Ergüsse.“ Die Mächtigkeit der Lager schwankt zwischen wenigen Zentimetern und 2 m, erreicht aber stellenweise auch 12—15 m; sie streichen längs der Berghänge aus und sind oft vier- oder fünffach übereinander gelagert. Vielfach sind diese Erze mit Kupfer, Kalk und Baryt verunreinigt und enthalten angeblich auch Mangankiesel. Das chilenische Manganerz wird seit 1883 exportiert; die Ausfuhr hat stark gewechselt, im Minimum (1898) 21000 t und im Maximum (1892) 51000 t betragen; im Jahre 1901 bezifferte sie sich auf 32000 t.

Seit dem Jahre 1893 wird auch aus Indien<sup>2)</sup> viel Manganerz ausgeführt. Über das geologische Vorkommen kann Näheres nicht mitgeteilt werden. Die indische Manganausfuhr beträgt über 180000 t.

Die Vereinigten Staaten von Nordamerika sind verhältnismäßig arm an brauchbaren Manganerzen<sup>3)</sup> und deshalb fast ausschließlich auf den Import aus Brasilien, dem Kaukasus, Cuba, Chile, Ostindien usw. angewiesen. Cuba besitzt scheinbar große Mengen Manganerz, über deren geologische Natur wenig bekannt geworden ist.

\* Die Anhäufung so enormer Mengen von Manganerzen, wie sie zu Kutaïs und zu Nikopol als marine Sedimente auftreten, ist zurzeit schwer erklärbar. Sie beweist wieder, wie sehr wir bezüglich der Kenntnis der aus dem Meerwasser möglicherweise vor sich gehenden Sedimentationen auf die in früherer Zeit entstandenen marinen Ablagerungen angewiesen sind, und wie dürftig immer noch unser Wissen von den chemischen Vorgängen ist, welche sich heute noch im Meere abspielen müssen. Dasselbe hätte schon bezüglich vieler Eisenerzlagerstätten gesagt werden können und gilt gerade so für die später zu besprechenden marinen Sulfidlagerstätten.

Einstweilen wird man den durch verschiedene Tiefseeforschungen auf dem Meeresboden entdeckten Mangankonkretionen, so häufig dieselben manchmal auftreten, für die Erklärung solcher, fast reiner Manganlagerstätten kein zu großes Gewicht beilegen dürfen, es mögen dieselben aber hier erwähnt werden.

<sup>1)</sup> Ore deposits, 2. Aufl., 878. — Engin. Min. Journ., XLVIII, 1889, 433. — Berg- u. Hüttenm. Ztg., XLIX, 1890, 33. — Jahrb. f. d. Eisenhüttenwes., I, 1902, 180.

<sup>2)</sup> Turner, Journ. of the Iron and Steel Institute, LVII, 1900, 216—217.

<sup>3)</sup> Emmons, Geological distribution of the useful metals in the United States; Transact. Am. Inst. of Min. Eng., XXII, 1894, 53—95. — Berg- und Hüttenm. Ztg., XLIX, 1890, 33—34, XLVI, 1887, 8.

Es sei hier zunächst verwiesen auf die Mitteilungen Gumbels.<sup>1)</sup> Die Challengerexpedition fand Manganknollen in Tiefen von 2220 Faden (= 4063 m) in rotem Tiefseeschlamm, ferner außer an anderen Stellen im Stillen Ozean auch zwischen Japan und den Sandwichsinseln, gleichfalls in rotem Schlamm in Tiefen zwischen 2740 und 3125 Faden (= 5014—5729 m). v. Willemoes-Suhm<sup>2)</sup> sagt, der Meeresboden müsse dort, „abgesehen von dem nicht kalkhaltigen, rötlichen Schlamm und der großen Zahl von Bimssteinstücken . . . ganz mit großen knollenförmigen Mangankongrementen bedeckt sein“. Manchmal enthielten die „kartoffelähnlichen Knollen“ Stückchen von Bimsstein, Haifischzähnen, Knochen oder Muscheln, die aber nicht immer die Mitte der Knollen bildeten, sondern oft wie zufällig damit verwachsen waren. Ein einfacher Manganüberzug überkrustet auch häufig dergleichen Reste. Die Struktur der Konkretionen ist eine äußerst dünnchalige, nach innen zu wird sie derber. Es sind Zusammenballungen, welche ohne Zutun von Organismen auf dem Meeresboden entstanden; Gumbel nimmt an, daß das Mangan dem Material unterseeischer Eruptionen entstamme.<sup>3)</sup> Von Interesse ist auch die chemische Zusammensetzung der Konkretionen. Schwager fand:

Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	27,46	K <sub>2</sub> O . . . . .	0,40
MnO <sub>2</sub> . . . . .	23,60	MgO . . . . .	0,18
H <sub>2</sub> O . . . . .	17,82	CO <sub>2</sub> . . . . .	0,05
SiO <sub>2</sub> . . . . .	16,03	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0,02
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	10,21	CuO . . . . .	0,02
Na <sub>2</sub> O . . . . .	2,36	CoO, NiO . . . . .	0,01
Cl . . . . .	0,94	BaO . . . . .	0,009
CaO . . . . .	0,92	? Li, Pb, Sb, B, J .	Spuren
TiO <sub>2</sub> . . . . .	0,66	Organisches . . . .	Spuren
SO <sub>3</sub> . . . . .	0,48		
			101,17

Völlig übereinstimmend mit den vom Challenger aufgefischten Manganknollen (sie sind „Halobolite“ und „Pelagite“ genannt worden) sind die von der „Gazelle“ mitgebrachten. Sie wurden bei den Cook-Inseln im Stillen Ozean gefunden, und der Grund des letzteren scheint überhaupt weithin mit solchen bedeckt zu sein.<sup>4)</sup>

Chun<sup>5)</sup> erwähnt das Auftreten von bis zu 8 cm großen, „riesigen Brombeeren“ gleichenden Manganeisenknollen im südlichen atlantischen Ozean; sie konnten dort in größerer Menge mit einem Netzzug aus etwa 6700 m Tiefe geholt werden. Nach Andrussow<sup>6)</sup> finden sich ähnliche Konkretionen auch auf dem Grunde des schwarzen Meeres. Man wird in diesen Manganknollen nur eine Zusammenballung des in den Tiefseesedimenten (dem roten Tiefseeschlamm) enthaltenen Eisen- und Mangangehaltes erblicken dürfen. \*

<sup>1)</sup> Die am Grunde des Meeres vorkommenden Manganknollen; Sitz.-Ber. k. bayr. Akad. d. Wiss. math.-phys. Cl., 1878, 189—209.

<sup>2)</sup> Ztschr. f. wiss. Zool., XXVII, CIV, zitiert von Gumbel.

<sup>3)</sup> Die geschichteten Massen basaltischer Lapilli auf dem Plateau des südlichen Teils der Insel Vulcano (Liparen), welche offenbar submarin abgelagert worden sind, enthalten ziemlich viel bläulich-schwarze Ausscheidungen von MnO<sub>2</sub>; dieselben umkrusten die Lapilli und sind zweifellos durch deren Zersetzung entstanden. Bergeat.

<sup>4)</sup> Gumbel, Forschungsreise S. M. S. „Gazelle“, II. Teil, 33—36.

<sup>5)</sup> Aus den Tiefen des Weltmeeres; Schilderungen von der deutschen Tiefsee-Expedition, 1903, 162—163; siehe die guten Abbildungen.

<sup>6)</sup> Guide des excursions du VII. Congrès géolog. intern., 1897, XXIX, 13.

## \* Manganerzlager entsprechend den Sumpferzen.

Wie das Eisen, so wird auch das Mangan aus verwitternden Gesteinen ausgelaugt und fortgeführt. Daß seine Ausscheidung als Oxydhydrat oder als Mangansuperoxyd sehr häufig schon unmittelbar nach der Auflösung wieder vor sich geht, beweist das Vorkommen der manganerzgefüllten Trümer im Mangankieselschiefer und der Mangandendriten in so vielen Gesteinen, sowie der bläulich-schwarzen Ausscheidungen in vulkanischen Tuffen und in Geröllablagerungen, in welchen manganhaltige Gesteine eingebettet sind. So beobachtet man in den schwedischen Glacialablagerungen manchmal reichliche lagerförmige Imprägnationen von schwarzem „Manganocker“, welche auf eine Auslaugung der in den Moränen enthaltenen silurischen Kalksteine zurückgeführt werden.<sup>1)</sup> So gut die See- und Rasenerze einen untergeordneten Manganengehalt besitzen, wird man von vornherein auch annehmen dürfen, daß sich auch manganreiche Absätze ähnlicher Art bilden können. Tatsächlich sind auch einige Vorkommnisse solcher Art bekannt.

Ein Mangansumpferz kommt nach Strishow<sup>2)</sup> im Bogoslowksischen Bergrevier im Ural vor. Dort kennt man in quartären Sanden etwa  $1\frac{1}{2}$  m dicke Lagen von Pyrolusit, welche durch eine Auslaugung benachbarter manganhaltiger Gesteine entstanden sein sollen.

Als Absätze ähnlicher Entstehung sind wohl die großen Manganerzlagerstätten am nordöstlichen Taunus und in der Gegend von Gießen zu betrachten, welche sich allerdings in der Hauptsache unter Einwirkung von Kalkstein auf die erzführenden Lösungen gebildet haben und deshalb unter den metasomatischen Lagerstätten behandelt werden sollen. Indessen kennt man zu Oberrosbach bei Homburg v. d. H. auch lagerartige Massen von Braunstein, 5—7 m mächtig und über 200 m im Streichen aufgeschlossen, welche von dem liegenden Stringcephalenkalk durch Sand und Ton getrennt und in diese eingeschlossen sind.

Im Überschwemmungsgebiet des Amazonenstroms<sup>3)</sup> kommen in großer Verbreitung über ein etwa 1000 km langes und 500 km breites Gebiet nördlich und südlich des Flusses teils auf primärer Lagerstätte, teils verlagert eigenartige Manganerze vor, deren Entstehung einige Ähnlichkeit mit derjenigen des Raseneisenerzes haben dürfte. Dieselben sind eingebettet in Sandstein und selbst häufig ganz durchspickt von Sandkörnern, so daß sie mehr einem hochgradig manganhaltigen Sandstein gleichen. Im übrigen haben sie konkretionäre Form und teilweise zweifellos konkretionäre Entstehungsweise, indem sie auf eine Anreicherung von Mangan innerhalb des von Manganlösungen durchtränkten Sandsteines zurückgeführt werden können. Sie bestehen hauptsächlich aus Psilomelan und bilden gewöhnlich „derbe, plattige Massen mit auf einer Seite nierenförmiger, auf der anderen Seite ebener Oberfläche mit wellig schaligem Gefüge. Die schalige Struktur verläuft nahe der nierenigen Oberfläche ziemlich parallel zu den Nierenbuckeln, gleicht sich nach innen immer mehr aus und verläuft mit der ebenen Begrenzungsfläche der Platten schließlich ebenfalls parallel. Die Schalen sind 3—8 mm stark und werden nicht selten von einem dünnen Kaolinbeschlag voneinander geschieden . . . . Auch derbe traubenförmige

<sup>1)</sup> De Geer, Om ett manganmineral i Upsalaåsen; Geol. Fören. Förh., VI, 1882—1883, 42—44. — Fegraeus, Om förekomsten af manganockra i rullstens- och morängrus; ebenda VIII, 1886, 170—171.

<sup>2)</sup> Die Manganerzlagerstätte beim Dorf Marsjata im Bogoslowksischen Bergrevier. Material. z. Kenntnis des geol. Baues des russ. Reiches; Beil. zum Bull. Soc. Natur. Moscou, I, 1899, 104—108; Ref. N. Jahrb., 1901, II, — 406—.

<sup>3)</sup> Kätzer, Ein eigentümliches Manganerz des Amazonasgebietes; Österr. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenw., XLVI, 1898, 41—46.

Massen mit teilweise schaligem Gefüge sind sehr verbreitet, sowie auch tropfsteinartige und verschieden gestaltete Stücke von zuweilen ganz absonderlicher Form.“ Katzer nimmt an, daß der Psilomelan ursprünglich aus Mangan-karbonatlösungen infolge einer Oxydation unter Verdrängung der Kohlensäure entstanden sei; das Mangan selbst entstamme zersetzten basischen Gesteinen. \*

## II. Schichtige Lagerstätten sulfidischer Erze.

\* Schwefeleisen vermag sich in den heutigen Meeren in großen Massen niederzuschlagen. Viele Sedimente, insbesondere Tonschiefer und Tone, enthalten Schwefelkies in mehr oder weniger großer Menge unter Bedingungen, welche eine gleichzeitige Entstehung derselben mit ihrem Nebengestein unzweifelhaft machen. Neben ihnen können aber unter gleichen Bedingungen auch die Sulfide des Bleies, des Zinkes und seltener des Kupfers auftreten. Gerade so wie manche Formationen auf mehr oder weniger rätselhafte Weise zu Eisensteinformationen geworden sind, wie der Dogger Süddeutschlands, so ist z. B. das Perm in verschiedenen Horizonten und in sehr weiter Verbreitung in verhältnismäßig geringem Maße kupferführend; anderen Schichten scheint ein geringer Bleigehalt, wieder anderen ein gewisser Zinkgehalt eigentümlich zu sein.

Während man allgemein geneigt ist, die Anhäufung ungeheurer Mengen von Eisenoxyd innerhalb der Schichten als etwas fast Selbstverständliches auf Sedimentation zurückzuführen, ja sogar deren sedimentäre Entstehung in solchen Fällen vertreten hat, wo nach den geologischen Verhältnissen sehr wohl an eine epigenetische Bildungsweise gedacht werden kann (s. S. 163—168), während man ferner keine Bedenken trägt, die meisten, manchmal kolossalen Manganzlager für schichtige Gebirgsglieder zu erklären, wird seit neuerer Zeit von vielen Seiten bestritten, daß auch das Eisensulfid in größeren Erzkörpern sedimentärer Entstehung sein könne, und daß die meist verhältnismäßig geringen Gehalte an Zink, Blei, Kupfer, Arsen usw., welche solchen sulfidischen Eisenerzlager beigemengt sind, als Niederschlag aus dem Meere entstanden sein könnten, ja daß überhaupt sulfidische schichtige Erzlager möglich seien.

Wenn im folgenden Abschnitte von schichtigen Sulfidlagerstätten die Rede ist, so geschieht dies demnach im Gegensatz zu jener Auffassung und muß begründet werden. Es scheint aber am zweckmäßigsten zu sein, diese Begründung erst dann folgen zu lassen, wenn sich aus den Einzelbeschreibungen die Möglichkeit eines Überblicks über das Ganze ergeben hat. Einstweilen sei vorausgeschickt, daß von anderer Seite die sulfidischen Erzlager von jeher bald als Imprägnationen, als Ausfüllungen von Gangspalten oder als metasomatische Lagerstätten bezeichnet worden sind, und daß diese Auffassungsweise keineswegs so neu ist, daß man etwa aus ihrem jugendlichen Alter eine Entschuldigung für ihre oft sehr dürftige oder mangelnde Begründung ableiten könnte. Im übrigen soll die Einordnung der nachstehend beschriebenen Vorkommnisse unter die schichtigen Lagerstätten keineswegs die Anschauung zum Ausdruck bringen, als ob alle nur sedimentärer Entstehung sein könnten; für manche wird sich ergeben, daß sie nur auf solche Weise gebildet sein können, bei anderen wird diese Entstehungsart für die wahrscheinlichste gehalten, für viele, zumal die meisten der kristallinen

Schieferformation angehörenden läßt sich der Ursprung einstweilen überhaupt nicht nachweisen, solange unsere Kenntnisse über die Herkunft und Bildungsweise der Schiefer und über die in großen Teufen waltenden chemisch-physikalischen Bedingungen so unzureichend sind, wie noch jetzt. Dieselben sollen wegen ihrer formellen Analogien mit den echten schichtigen Lagerstätten ihren Platz unter den „Lagern“ behalten. Die äußere geologische Ähnlichkeit und die für die bergmännisch-technische Bedeutung gemeinsamen Eigenschaften machen es ratsam, diese „Erzlager“ so lange in eine Gruppe zusammenzufassen, bis einwandfreie Beweise vorliegen, daß sie wirklich verschiedener Genesis sind.

Wie in der Botanik oder Zoologie eine jede Systematik, welche sich auf historische Gesichtspunkte, also dort auf die Entwicklungsgeschichte stützt, ihre „Problematica“ aus dem System ausscheiden muß, so geht es notwendigerweise der Geologie, sobald sie sich auf das Gebiet der Petrogenesis begibt und von ihr aus zu systematisieren versucht. Man könnte demgemäß auch hier „Problematica“ ausscheiden und in einen besonderen Abschnitt zusammenfassen; die darin unterzubringenden oxydischen und sulfidischen „Lager“ wären erheblich zahlreicher als diejenigen, deren sedimentäre Entstehung mit Sicherheit behauptet werden kann. \*

In vielen geschichteten Gesteinen jeden Alters finden sich in geringfügiger Menge Sulfide als feine Einsprengungen. Sie können ohne weiteres mit den oxydischen Eisenerzen verglichen werden, die in mancherlei Form als syngenetische Präzipitate in vielen Gesteinen enthalten sind. Wie diese letzteren sich anreichern können, so daß z. B. aus Itabiriten derbe Eisenglanz-Magnetitlager, aus siderithaltigen Schiefertönen oder Mergeln Toneisensteine werden, so kann auch der Sulfidgehalt mancher Schichten bis zur deutlichen, dem bloßen Auge schon wahrnehmbaren Erzführung werden, und es hängt nur mit dem geringen Wert der eingesprengten Erzarten (z. B. Pyrit, Magnetkies, Bleiglanz) zusammen, wenn man diese erzführenden Sedimente nicht als Erzlager bezeichnet. Andererseits genügt schon eine verhältnismäßig sehr geringe Goldführung (in Transvaal gegenwärtig etwa 15 g in der Tonne sehr zähen Gesteines), um die Schichten zu einer sehr reichen Lagerstätte zu machen. Jene reichlicheren Beimengungen des Erzes im Gestein sind oft nur gewissermaßen die Vorboten anscheinend derber, in Wirklichkeit aber doch immer noch mit den Nebengesteinselementen durchwachsender Erzmassen, welche stellenweise inmitten einer allgemein erzführenden Schichtzone in oft gewaltigen Dimensionen eingebettet liegen. Formell entsprechen dieselben durchaus den Eisenerzlinzen. Dahin gehört das von kiesführenden Schiefeln begleitete Lager im Rammelsberg bei Goslar, die Kieslager von Rio-Tinto in Spanien. Ihrer Substanz nach bestehen sie großenteils aus Eisen, das hier allerdings in der Form des Sulfids statt in derjenigen des Oxyds vorliegt, ja manchmal sind sie sogar von einem primären Bestand an Magneteisen begleitet, wie umgekehrt zahlreiche Eisenerzlager auch Sulfide führen. Also auch in qualitativer Hinsicht bestehen zwischen den beiden Typen der schichtigen Lagerstätten Übergänge.

Man bezeichnet in Norwegen seit langer Zeit als Fahlbänder archaische Schiefer, welche in weiter Erstreckung mit allerlei Sulfiden, besonders solchen

des Eisens, in merklicher Menge durchwachsen sind. In geologischer Hinsicht sind diese Gesteine geschichtete erzführende Massen. Sieht man zunächst von der Herkunft des Erzes und von der Entstehungsweise der Gesteine ab, so läßt sich die Benennung „Fahlband“ auch auf andere zonenweise und scheinbar niveaubeständig mit Sulfiden durchwachsene Schiefer übertragen. Aus diesen Fahlbändern gehen aber stellenweise reichere Erzmassen hervor, welche mit letzteren die gleiche Entstehungsweise teilen und deshalb nicht streng von ihnen geschieden werden können. Da nun ferner in jüngeren normalen Sedimenten ein fein verteilter syngenetischer Sulfidgehalt beobachtet wird, so wird man auch die Fahlbänder der kristallinen Schiefer für solche umgewandelte erzführende Sedimente halten dürfen, solange nicht bezüglich der Entstehung des Gesteines oder des Erzes Gegenteiliges bewiesen ist. Zwischen den alten Fahlbändern, den Sulfidlagern und jüngeren sulfidführenden Sedimenten mancherlei Art besteht also nur ein scheinbarer Unterschied; sie sind alle ausgezeichnet durch die innige Vermengung von Erz und Nebengesteinselementen und können allgemein als erzführende Sedimente bezeichnet werden. Das ganze Wesen auch der derberen Erzmassen ist doch immer das der Fahlbänder, und man könnte alle diese sulfidischen Lagerstätten als Fahlbänder im weitesten Sinne zusammenfassen. Dieser Benennung würde noch die Willkür anhaften, daß sie z. B. die Eisenerzlager der kristallinen Schieferformation ausschließt, obwohl dieselben formell den Sulfidlagern ganz analog sind.

Wie schon gesagt, sind die im folgenden zu besprechenden Lagerstätten in stofflicher Hinsicht zum größten Teil Eisenerzlagerstätten (Pyrit, Magnetkies); Zink, Blei und Kupfer sind außerdem fast stets vorhanden. Manchmal herrschen die Sulfide der letzteren vor, bilden aber seltener massige Lager, sondern sind dann in der Regel gegenüber den Lagerarten oder dem Muttergestein untergeordnet. Blei und besonders das Kupfer sind nicht immer als Sulfid, sondern manchmal auch als Karbonate oder in anderen Salzen vorhanden. Es sind dann aber gewöhnlich sicherlich die letzteren aus den Sulfiden hervorgegangen. Ganz vereinzelt kommen auch Silbererze in einer Art und Weise vor, welche zunächst an eine sedimentäre Entstehung denken läßt. Die großartigsten bekannten Goldlagerstätten gehören ferner dem Fahlbandtypus an (Witwatersrand in Transvaal).

Es empfiehlt sich, die schichtigen Lagerstätten sulfidischer Erze in nachstehenden Gruppen zu behandeln:

1. Die Fahlbänder (im engeren Sinne).
2. Die Kies-, Blende- und Bleiglanzlager.
3. Die goldführenden Kiesfahlbänder.
4. Der Kupferschiefer und verwandte Lagerstätten.
5. Die blei-, kupfer- und silbererzführenden Sandsteine.
6. Die kupferführenden Tuffe.

Die Gruppen 1, 2, z. T. und 3 gehören den metamorphen Schiefeln an, der Typus 4 ist weitverbreitet in der Permformation, 5 in der Trias, 6 ist spärlich in känozoischen Ablagerungen bekannt.

Die Gruppe 2 hat viele ausgezeichnete Vertreter auch im Paläozoicum.

### 1. Die eigentlichen Fahlbänder (im engeren Sinne).

Die Auffassung dieser technisch mehr oder weniger unwichtigen Lagerstätten als schichtige Erzabsätze stützt sich zunächst auf die Tatsache, daß in jüngeren normalen Sedimenten sulfidische Erze sowohl in kleinen als auch in großen Mengen als zweifellose Präzipitate vorkommen und z. B. für den Kupferschiefer der Zechsteinformation geradezu charakteristisch sind, ferner darauf, daß die kristallinen Schiefer, welche wenigstens teilweise als Sedimente betrachtet werden müssen, ganz allgemein mit manchmal nicht unbeträchtlichen Mengen von Sulfiden imprägniert sind. Solange nicht der sichere Beweis erbracht wird, daß die im folgenden zu besprechenden erzführenden Gesteine keine Sedimente sind, sollen die Fahlbänder unter den schichtigen Lagerstätten behandelt werden. Auch dafür, daß dieselben etwa zu irgend einer Zeit mit Sulfiden imprägniert worden seien, fehlt bis auf weiteres jeder Beweis.

Der Name „Fahlband“ stammt aus der Umgebung von **Kongsberg** in Norwegen, der altberühmten, 70 km südwestlich von Christiania gelegenen Bergstadt. Die NNW.—SSO. streichenden, meist 70—90° einfallenden „Kongsbergschiefer“ bestehen aus Gneisen, Glimmerschiefern, Hornblendeschiefer (beide manchmal mit Granat), aus Granulit und quarzitischen Schiefen. Dazwischen treten verschiedentlich massige Gesteine, nämlich Granit, Diorit und Gabbro auf, welche fein eingesprengte Erze, sog. „Fahle“, enthalten.<sup>1)</sup>

Man kennt sieben bis acht „Fahlbänder“,<sup>2)</sup> d. s. Zonen, innerhalb welcher die Schiefer mit feinen Partikelchen, vor allem von Eisenkies und Magnetkies, daneben auch von Kupferkies, Zinkblende, angeblich auch von Bleiglanz, Kupferglanz, Buntkupfererz und Arsenkies erfüllt sind. Manche sind, dem Verlauf der Schichtung entsprechend, mehrere Kilometer weit nachzuweisen und besitzen mitunter bedeutende Mächtigkeit, wie z. B. das Oberbergs-Fahlband, welches 300—400 m, das Unterbergs-Fahlband, welches 80 m breit ist. Ihr Ausstrich ist weithin zu verfolgen; zwar ist das Erz in den Schiefen in äußerst feiner Verteilung, manchmal dem bloßen Auge überhaupt nicht sichtbar, eingesprengt, im Ausstrich sind aber die Kiese verwittert und die erzführenden Schichten im Gegensatz zu den erzarmen benachbarten Schiefen rostbraun gefärbt. Manchmal verliert sich der Erzgehalt allmählich, um alsbald im Streichen wieder aufzutreten. Die Kongsberger Fahlbänder sind an sich technisch wertlos; ihre hervorragende Bedeutung besteht darin, daß die sie durchsetzenden Silbererzgänge in ihnen eine Veredelung erfahren und nur dort abbauwürdig sind, wo sie die Fahlbänder durchschneiden.

Mikroskopische Untersuchungen Hellands haben ergeben, daß Kieskörner in den Hornblende- und Granatkörnern der Fahlbänder eingeschlossen sind. Der

<sup>1)</sup> „Fahl“ so viel wie „rostbraun“, weil die mit Kiesen durchstäubten Gesteine bei der Verwitterung diese Farbe annehmen. Über die unrichtige Schreibweise „Fahlband“ siehe bei Böbert, *Karst. Arch. f. Min.*, XXI, 1847, 237.

<sup>2)</sup> Durocher, *Les gîtes métallifères de la Suède, de la Norwège et de la Finlande*; *Ann. d. mines* (4), XV, 1849, 354—367. — Herter, *Über die Erzführung der thelemarkischen Schiefer*; *Ztschr. d. deutsch. geol. Ges.*, XXIII, 1871, 377—393, bes. S. 383 ff., Lit. — Münster, *Kongsberg Ertsdistrict*; *Kristiania Videnskabselsk. Skrifter*, I. math.-naturv. Klasse, 1894, 1—104, Lit.; *Referat Ztschr. f. prakt. Geol.*, 1896, 93. — Vogt, *Ztschr. f. pr. Geol.*, 1899, 177—178, 181. — Rolland, *La géologie de Kongsberg*; *Ann. d. mines* (7), XI, 1877, 391—483, bes. 417—425, Lit. — Kjerulf, *Die Geologie des südlichen und mittleren Norwegen*, übersetzt von Gurlt, 1880, 316—317.

Magnetkies vom Kobbervoldens Fahlbänd enthält nach Münster zusammen 0,2% Nickel und Kobalt und 0,00055% Silber; ähnliche Silbergehalte zeigt auch der Schwefelkies, während der Kupferkies vermutlich silberreicher ist.

Vogt und Heidenreich haben die Kiesmengen in den Fahlbändern Kongsbergs an Durchschnittsproben zahlreicher, in verschiedenem Grade erzführender Fahlbänder berechnet. Sie fanden in

schwach erzführendem Fahlbänd	1,07%	Schwefel,	2,25—2,5%	Erz.
mittelmäßig	"	"	3,5 —4	" "
etwas reichlich	"	"	4,5 —5	" "

Die syngenetische Entstehung des Erzgehaltes der Kongsberger Fahlbänder ist mehrfach bestritten worden, und man hat denselben für eine Imprägnation erklärt. Wie gerade die syngenetische Deutung nicht nur der sulfidischen, sondern auch der oxydischen Erzlager bei den älteren norwegischen Geologen auf Widerspruch gestoßen ist, so haben schon Dahll und Kjerulf 1860 die Erzführung der Kongsberger Fahlbänder auf Imprägnationen im Gefolge von Gabbro-Eruptionen zurückgeführt. Rolland vergleicht die Fahlbänder mit den Harzer Ruscheln und erblickt in ihnen ausgewalzte und zermalmte Zonen inmitten des Gneises, welche später im Zusammenhang mit Gabbrodurchbrüchen mit Erz imprägniert worden und zu kristallinen Schiefen umkristallisiert sein müßten.

Vogt hält neuerdings den „grauen Gneis“, welcher zu Kongsberg zwischen dem Oberberg- und Unterberg-Fahlbänd auftritt, für einen gepreßten Natrongranit; da dieser in der Schichtungsrichtung fahlbändartige Kieseinsprengungen enthält, so schließt Vogt hieraus, daß der Granit erst später mit Erzen imprägniert worden sei, und zwar gleichzeitig mit den benachbarten Schiefen, deren Erzführung also gleichfalls eine jüngere Imprägnation sein müsse. Den Sulfidgehalt des „gepreßten Granits“ berechnete Heidenreich auf 2—2,5%. Die Imprägnation des Gesteines müßte dann vor sich gegangen sein, bevor dasselbe in seinen jetzigen Zustand eintrat. Die weite Ausdehnung der Erzführung im Streichen und in der Breite, ihr Auftreten in gewissen Zonen, der Mangel an sichtbaren Zufuhrkanälen sind einstweilen bei Annahme einer Imprägnation schwer zu erklären. Das Zutun der Gabbro-Eruptionen bleibt eine Hypothese, solange nicht in anderen Eruptivgebieten der Beweis erbracht werden kann, daß etwa Gabbro seinen Kontakthof weithin mit Sulfiden imprägniert. Münster, auf dessen Ausführungen noch ausdrücklich verwiesen sei, hält den Erzgehalt der norwegischen Fahlbänder für syngenetisch.

Eine ähnliche Bedeutung für die Veredelung von Gängen wie zu Kongsberg haben Fahlbänder auch an anderen Orten, so z. B. zu **Schladming**<sup>1)</sup> in Steiermark. Das Nebengestein der dortigen silberführenden Kobalt-Nickel-Erzgänge bilden Hornblendeschiefer und Gneise, in welchen meilenweit Schichten mit fein verteiltem Magnetkies, Schwefel- und Arsenkies nachgewiesen werden können, die nach Art der norwegischen Fahlbänder im Ausbiß braun verwittern und „Branden“ genannt werden. Sie erreichen Mächtigkeiten von 1/2—30 m, und besonders sechs solche treten deutlich hervor, von denen die 6 m mächtige Vötternbrände und die 17 m mächtige Neualpenerbrände die wichtigsten sind. Diese Fahlbänder fallen durchschnittlich 50° gegen N. und werden von widersinnig einfallenden, NO. oder W. streichenden Erzgängen durchsetzt, die in ihnen eine Veredelung erfahren.

<sup>1)</sup> Aigner, Die Nickelgruben nächst Schladming in Ober-Steiermark; Jahrb. d. k. k. Bergak., IX, 1860, 260—277. — Flechner, Österr. Ztschr. f. Berg- u. Hüttenw., XXXV, 1887, 80—84.

In ähnlicher Weise haben nach den Berichten von Graff<sup>1)</sup> und Ossent<sup>2)</sup> auch die erzführenden Schieferschichten zu Les Chalanches bei Allemont im Dep. de l'Isère und im Annivierstal in der Schweiz veredelnd auf die Erzgänge eingewirkt.

Zu **Les Chalanches** sind gewisse Gneisschichten so stark kiesführend, daß sie schon in der Ferne eine braune Farbe zeigen und sich deutlich durch dieselbe von dem übrigen Gestein unterscheiden lassen. Die kobalt- und nickelführenden Silbererzgänge sind genau im Durchschnitt mit diesen Fahlbändern am ergiebigsten gewesen.

Im **Val d'Anniviers** (Einfischtal) in Wallis kommen die reichsten Erze der Kobalt-Nickelerzgänge von Grand Praz und Gollyre bei Ayer in Fahlbändern mit Schwefel- und Magnetkies vor; seltener ist in den Fahlbändern Arsenkies, noch seltener Bleiglanz und Blende. Man hatte dortselbst viele unnötige und fruchtlose Aufschließungsarbeiten unternommen, ehe man zu der Überzeugung kam, daß der nickel- und kobalterzführende Braunspatgang fast überall taub war, wo das Nebengestein, ein Hornblende-Chlorit-Epidotschiefer, wenig Schwefelkies führte. Drei ausgeprägte Fahlbändzonen enthielten besonders reichlich Schwefel- und Magnetkies, und im Durchschnitt mit diesen Bändern ergaben sich die reichsten Anbrüche von Rotnickelkies und kobalthaltigem Chloanthit.

Eine Eigentümlichkeit, auf welche später noch eingegangen werden soll, besteht offenbar darin, daß scheinbar gerade Kobalt-, Nickel- und Silbererzgänge durch erzführende Schiefer veredelt werden.

Die „Kobaltbänder“ oder „Kobaltfahlbänder“ von **Skuterud**<sup>3)</sup> und **Snarum** in Südnorwegen haben im Anfang und um die Mitte des XIX. Jahrhunderts einen großen Teil der für die Smaltefabrikation verwendeten Kobalterze geliefert. Sie erstrecken sich längs des Snarum-Flusses durch das Hügel- und Waldland des Kirchspieles Modum. Es sind zwei kobaltführende Gesteinsbänder. Das eine am westlichen Ufer des Flusses ist auf etwa 10 km Länge verfolgt worden, und in seinem südlichen Teil liegen die Gruben von Skuterud; es ist das wichtigere, während das parallel damit streichende Fahlbänd von Snarum am östlichen Ufer bedeutend ärmer ist. Die Fahlbänder gehören der Gneis-

<sup>1)</sup> Notice sur la mine d'argent des Chalanches, Lyon 1868; erwähnt Berg- u. Hüttenm. Ztg., XXVII, 1868, 216.

<sup>2)</sup> Über die Erzlagerstätten im Anniviersthal; Berg- u. Hüttenm. Ztg., XXVII, 1868, 321, 326, XXVIII, 1869, 13–15. — Heusler, Über das Vorkommen von Nickel- und Cobalterzen mit gediegenem Wismut an der Crête d'Ombrenza; Ztschr. d. deutsch. geol. Ges., XXVIII, 1876, 243.

<sup>3)</sup> Hausmann, Reise durch Skandinavien, II, 1812, 72–89. — Böbert, Über die Analogie der Glanzkobaltlager bei Skuterud in Norwegen und bei Vena in Schweden; Karst. Arch. für Mineral., IV, 1832, 280–284. — Ders., Über das Modumer Blaufarbenwerk in Norwegen; ebenda XXI, 1847, 207–292. — G. Müller, Beschreibung einer Reise nach Norwegen und einiger norwegischer Berg- und Hüttenwerke, 1838–1841. — Ders., Reisebemerkungen über norwegische Bergwerke, im Jahre 1843 gesammelt. Beide Manuskripte in der Bibliothek der Clausthaler Bergakademie. — Durocher, Les gîtes métallifères de la Suède, de la Norwège et de la Finlande; Ann. d. mines (4), XV, 1849, 319–328. — H. Müller, Über die Skuteruder Kobaltbergwerke; Berg- u. Hüttenm. Ztg., XVII, 1858, 334–335. — Scheerer, Über zwei norwegische Kobalterze von den Skuteruder Gruben; Pogg. Ann., XLII, 1837, 546–555. — Cotta, Erzlagerstätten, II, 1861, 516–518, Lit. — Kjerulf, Die Geologie des südlichen und mittleren Norwegen, deutsch von Gurlt, 1880, 323–324.

Glimmerschieferformation an, die fast genau NS. streicht und durchschnittlich  $75^{\circ}$  nach Osten einfällt. Herrschende Gesteine sind Gneise, welche wegen ihres

hohen Quarzgehaltes als Quarzschiefer bezeichnet werden, ferner Glimmerschiefer, verschiedene Abarten des Hornblendeschiefers, z. T. granatführend, und Malakolithfels, „dessen Hauptmasse aus grünem, grobstrahligem bis fast dichtem Malakolith und hellfarbigem, grobstrahligem bis körnigem Anthophyllit in dichter Durchwachsung besteht, wozu sich noch gesellen: dunkler, fettglänzender Glimmer, brauner edler Turmalin, seltener Graphit, außerdem die Erze und etwas Glasquarz“. (Böbert.) Die Breite des westlichen Hauptfahlbandes beträgt bis über 300 m (Fig. 64).

Haupterz ist der Kobaltglanz (35,41 Co, 45,6 As, 19,33 S), in schönen Kristallen ringsum ausgebildet, in derben Massen oder in fein eingesprengten Partikeln. Daneben sind Kobaltarsenikies und Tesseralkies verbreitet. Ihre Verwitterung führt zum häufigen Auftreten von Kobaltblüte. Weitere Erze sind Strahlkies (Markasit), Eisen-, Magnet- und Kupferkies, Molybdänglanz und sekundäre Kupfererze, darunter auch gediegen Kupfer. Pegmatitische Granitgänge durchsetzen die Schiefer; sie sind nach Böbert erzfrei.

Der Erzgehalt ist keineswegs gleichmäßig durch die Lagerstätten verteilt; da er schon im allgemeinen sehr spärlich ist, kann es nicht wundern, daß unbauwürdige und mehr oder weniger erlere Gesteinsbänder mit kobaltführenden Zonen wechselten. Als besonders günstig für den Erzadel bezeichnet Böbert die quarzreicheren Schiefer, während der Glimmerschiefer taube Zwischenlagen bildet, deren Wegräumung mit viel Kosten und Arbeit verbunden war. Der Kobaltgehalt schwand allmählich, sobald sich der Glimmerschiefer einstellte, kehrte aber ebenso wieder zurück, sobald das Gestein quarziger wurde. Solche taube Einlagerungen bezeichnete man als „Graaberger“ oder Felsbänder. Die unhaltigen Mittel keilten sich nach Böbert in der Tiefe aus. „Sämtliche Erzpartien pflegen dem Streichen und Fallen, sowie

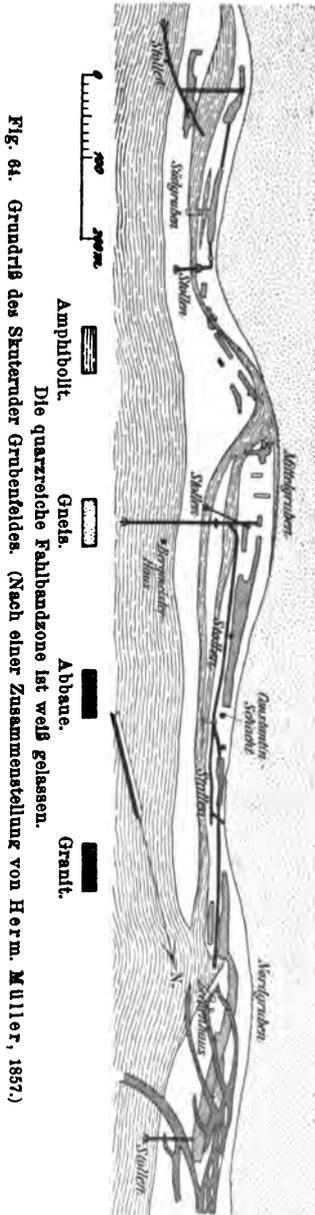


Fig. 64. Grundriß des Struktur der Grubenfelder. (Nach einer Zusammenstellung von H. Müller, 1857.)

der Mächtigkeit des Bandes nach untereinander zusammenzuhängen, so daß man sich die ganze Erzlagerstätte streifenweise aus unregelmäßigen Fels- und Erzpartien zusammengesetzt denken kann.“ (Böbert.) Nach den Mitteilungen

Fr. Müllers<sup>1)</sup> soll sich ergeben haben, daß die reichsten Kobalterze insbesondere an Malakolithfels gebunden sind, der allerdings nur lokal auftritt und dann als Erzbringer gern gesehen wurde.

Über den Erzgehalt hat Böbert genauere Mitteilungen gemacht. Im Jahre 1840 ergaben 1600000 Kubikfuß Lagermasse 48000 Kubikfuß Kobaltpocherze, welche 2—3% Kobaltschliech lieferten. Der Gehalt des gebrochenen Gesteines an Kobalterz belief sich demnach auf ungefähr 0,06%. Die Pocherze waren im übrigen zu etwa  $\frac{4}{5}$  Kupferpocherze. Die Hauptmasse des Gesteines enthält die Kobaltminerale in sehr feiner, dem bloßen Auge manchmal kaum wahrnehmbarer Verteilung. Ein geringer Teil derselben bildet derbe Erzschnitzen und Reicherzbänder. Die Mächtigkeit dieser letzteren schwankte von Zollstärke bis zu zwei Fuß. Mehrere solcher Reicherzbänder liegen manchmal nahe aneinander, von Fahlbändermasse umschlossen.

Im Jahre 1865 betrug die Produktion 140 Ztr. Reicherz mit 10—15% Kobalt, 3500 Ztr. Mittelerz mit 1—3%, 8000 Ztr. „ordinäres Erz“ mit 0,03 bis 0,11% Kobalt. Der Durchschnittsgehalt betrug pro Kubiklachter (etwa 8 cbm) anstehende Lagermasse 24,86 Pfund Kobalt, d. i. etwa 0,05%, welcher Gehalt durch Ausschlagen und Scheiden auf 0,1% konzentriert wurde. In den letzten Jahren hat die Produktion im Durchschnitt noch 20—30 t Erz betragen.

Die Erzlagerstätten wurden 1772 entdeckt, und schon 1776 wurden seitens der Regierung die berühmten Blaufarbenwerke bei Modum angelegt und ihnen das Monopol für Norwegen und Dänemark übertragen. 1822 gingen die Gruben von Skuterud in Privatbesitz über, und um die gleiche Zeit entstand auch die zweite Blaufarbenfabrik zu Snarum. Seit dem Ende der 40er Jahre gehören die Modumer Gruben größtenteils den sächsischen Blaufarbenwerken. Sie sind auflassig seit dem Jahre 1899.

Die Fahlbändzone von Snarum auf dem östlichen Ufer des Snarumflusses unterscheidet sich nach Durocher in zweierlei Hinsicht von der bis jetzt besprochenen: das Gestein bezeichnet er im Gegensatz zu dem Quarzschiefer als einen Chloritschiefer, ferner ist das Erz kobaltärmer und kupferreicher und enthält viel Kobaltarsenkies an Stelle des Kobaltglanzes.

Gegen die Annahme einer sedimentären Entstehung der norwegischen Kobaltfahlbänder sind bisher noch keine triftigen Einwendungen gemacht worden; Münster hat z. B. vor kurzem eine solche für wahrscheinlich gehalten. Die Frage ist aber sicherlich noch nicht gelöst. Die Entscheidung wird vor allem davon abhängen, welche Deutung man dem „Gneis“, dem erz- und silikatführenden Quarz und deren gegenseitigem Verhältnis gibt.

Nach Böbert sind die Kobaltfahlbänder von **Askersund** am Nordende des Wetterensees in Schweden, worauf im Anfange des XIX. Jahrhunderts die Venäer Kobaltgruben eröffnet wurden, ganz analog denen von Skuterud. Auch hier bilden das Nebengestein Gneis, Glimmerschiefer und Gebirgsglieder mit Strahlstein,

<sup>1)</sup> Im Gegensatz zu der Angabe Kjerulfs, „daß nach den von Direktor Fr. Müller mitgeteilten Erfahrungen, welche die ältere Anschauung wesentlich verändern“, die Kobalterze an grobstrahligen Malakolith gebunden seien, sagt allerdings ein Brief Gottschalks an Stelzner (Modum, 21. II. 1891) folgendes: Auf den Modumer Nordgruben war der Begleiter der besten Erze eine bis 1 m mächtige Lage von teils lichtgrünem, teils graulichem Malakolith; sein Auftreten war indessen nur eine lokale Erscheinung, und wenn er zwar auch da und dort mit Reicherzmitteln auftritt, so ist sein Vorkommen doch keineswegs ein so konstantes, daß man sagen könnte, das Erz sei an ihn gebunden. Der Malakolith bildet häufig einen akzessorischen Bestandteil der übrigen Fahlbändmasse und sein Vorkommen bringt dann oft Reicherze; er ist deshalb gern gesehen.

Malakolith, Granat usw., die Erze sind Kobaltglanz, Schwefel- und Kupferkies, ersterer auch hier gut kristallisiert. Die Fahlbänder sollen sich nach Böbert stundenweit in einer Breite von etwa 200 m hinziehen, streichen N.—S. und fallen steil ein. Sie waren sehr kobaltarm, das Erz nur selten zu Reicherz-bändern konzentriert. Sie ergaben um 1828 nur 8000—10000 t Pocherz<sup>1)</sup> mit 2—3% Schliechgehalt und 100—120 t Reicherz. Die reicheren Bänder waren 0,5—60 cm mächtig und bildeten „gewissermaßen eine Aneinanderreihung von unendlich vielen Nieren, wo sich das Erz mehr oder weniger konzentriert hat, während dasselbe in der übrigen die Bänder umschließenden großen Lagermasse entweder in einzelnen Kristallen oder in kleinen Partien, oft nur in kaum sichtbaren Partikeln eingesprengt ist. Gleichwohl erweisen diese reichen Bänder besonders nach der Tiefe zu oft eine auffallende Konsequenz, indem ich unter anderem ein solches Band von nicht mehr als 4 Zoll Mächtigkeit, nachdem es über Tage aufgeschürft worden, mit einem Stollen in einigen zwanzig Lachtern Teufe genau an der Stelle überfuhr, wo ich es erwartet hatte“. (Böbert.) Auf den Venagruben brach auch Bleiglanz ein.

Weniger bekannte schwedische Kobaltvorkommnisse von Gladhammar in Småland und nächst Areskuttan bei Falun erwähnt Durocher.<sup>2)</sup>

## 2. Die Kies-, Blende- und Bleiglanzlager.

### Die Kieslager.

An vielen Orten sind insbesondere die archaischen, seltener auch die paläozoischen Schiefer lagenweise mit Sulfiden des Eisens und mit Kupferkies durchwachsen. Solche Einsprengungen folgen häufig in feinsten Bändern und Streifungen den zierlichsten Fältelungen des Gesteines und sind, sofern die Nebengesteinselemente vorwalten, als Fahlbänder zu bezeichnen. Mitunter aber bestehen solche Lagen in der Dicke von einem bis mehreren oder vielen Millimetern und vielfach mit taubem Gestein wechselnd aus fast reinem Erz. Nehmen die Erzlagen größere Dimensionen an, so bezeichnet man sie als Kieslager.

Vorherrschend ist in denselben fast immer der Schwefelkies (46,7 Fe und 53,3 S), neben ihm bricht stets auch etwas Kupferkies ein, weshalb solche Kieslager häufig die Bedeutung von Kupferlagerstätten gewinnen. In stofflicher Beziehung sind die Kieslager also vorzugsweise Eisen- und Schwefellagerstätten. Sie haben mitunter gewaltige Dimensionen und manchmal, aber nicht immer, besteht ein mehr oder weniger schwer erklärbares abnormes Verhältnis zwischen der Mächtigkeit und den beiden anderen Dimensionen der Masse oder zwischen der Mächtigkeit und der streichenden Länge einerseits und der Ausdehnung im Fallen andererseits, so daß man von Kiesstöcken oder Kieslinealen spricht. Es mag aber schon hier daran erinnert werden, daß diese Art des Auftretens nicht den Kieslagern allein eigentümlich ist, sondern auch bei anderen Lagerstätten inmitten stark gefalteten und gepreßten Gebirges sehr häufig beobachtet wird und fast die Regel ist, so bei den schwedischen Eisenerzlagerstätten, den Kalksteinlinsen des Urgebirges usw.

Der Kupferkies (34,52 Cu, 30,53 Fe, 34,95 S) ist das primäre Kupfererz dieser Lagerstätten in ihrem jetzigen Zustand. Andere Kupferverbindungen

<sup>1)</sup> Tonnen zu 700 Pfund oder 298 kg.

<sup>2)</sup> l. c. 328—329.

können durch Verwitterung aus ihm hervorgegangen sein. Der Kupfergehalt der Kieslager beträgt im allgemeinen nur wenige Prozente, doch kommen auch an Kupfer reichere Partien inmitten der Lager vor (z. B. die derben Kupferkiese, welche von den Österreichern „Gelfen“ genannt werden). Magnetkies (60—61,6 Fe und 40—38,4 S) tritt nur in den archaischen, bezw. sonst stark metamorphosierten Schiefen auf. Er ist nickelfrei oder -arm. Zinkblende ist häufig, manchmal massenhaft und in gewinnungswürdiger Menge vorhanden. Silberhaltiger Bleiglanz ist gleichfalls verbreitet und hier und da massenhaft. Arsenkies ist in den älteren Kieslagern nicht selten. Über das Auftreten sonstiger Mineralien von untergeordneter Bedeutung wird bei der Einzelschilderung der Lager gehandelt werden.

Durch das Vorkommen von Baryt sind die mitteldevonischen Kieslager des Rammelsbergs und von Meggen und diejenigen vom Mount Lyell ausgezeichnet. Dagegen kann schon hier darauf hingewiesen werden, daß die auf den Erzgängen in so großer Masse verbreiteten Gangarten Quarz und Kalkspat auf den Kieslagern keine andere Rolle als in deren Nebengestein zu spielen pflegen, ja manchmal durchaus zurtretreten. Kohlenwasserstoffe und Kohle sind mehrfach auf Kieslagern zu beobachten (z. B. Norwegen, Mt. Lyell). Über die spezielle Bedeutung der manche Kieslager begleitenden kohlereichen Schiefer soll später gesprochen werden. Von selteneren Bestandteilen seien hier Gold, Selen, Thallium, Indium genannt. Kobalt und Nickel sind häufig nachzuweisen.

Des öfteren werden die Kieslager von jüngeren Erzgängen durchsetzt. Die mannigfachen Zerrüttungen, welche im gestörten Gebirge gerade längs der derben Erzmassen stattfinden können, sind mitunter (z. B. im Rammelsberg am Harz) jüngeren Mineralansiedelungen günstig gewesen.

Wesentlich und charakteristisch für die Zusammensetzung der Erze ist die Beteiligung von Nebengesteinselementen in der Weise, daß die Erzkörper nur als erzreiche Modifikationen des umschließenden Gesteines betrachtet werden können. In den Kieslagern der älteren Gebirge treten demnach Körner, Blättchen, Nadeln und Kristalle besonders von Quarz, Feldspat, Hornblende, Glimmer, Epidot, seltener von Granat, Turmalin usw. in derselben Weise auf, wie das auch bei den Eisenerzlagern zu beobachten ist. An der Zusammensetzung der in Tonschiefer liegenden Kieskörper nehmen die Elemente des letzteren Anteil, derart, daß man mitunter den Tonschiefer als das Substrat des Erzes bezeichnen kann. Mit dem Nebengestein sind demgemäß die Kieslager in der Regel, und soweit sie daraufhin beschrieben sind, durch Übergänge mit abnehmendem Erzgehalt verbunden. Sie enthalten mitunter Zwischenlagerungen vom normalen Charakter des umschließenden Gesteines oder mit Erzeinsprengungen. Solche in normaler Schichtenfolge eingeschaltete, mehr oder weniger taube Gesteinsmassen (Packen) sind zu unterscheiden von späteren, im Gefolge der Gebirgsfaltung entstandenen Einpressungen (s. S. 97—98 und die später zu erwähnenden Beispiele). Die Struktur der Kieslager ist bald derb körnig oder häufig auch schichtig infolge eines lagenweisen Wechsels verschiedener Erzarten oder von Erz und Nebengestein.

Mitunter ist das Nebengestein mehr oder weniger stark zersetzt und, wenn es aus Tonschiefer besteht, in weiße sericitische Massen umgewandelt, wobei es sich dann, wie sich später zeigen wird, um einen sekundären Prozeß handelt. Abgesehen davon, unterscheiden sich die schichtigen Kieslagerstätten ganz allgemein schon dadurch von Kiesgängen, daß Hangendes wie Liegendes keinerlei Umwandlung erkennen lassen, vielmehr mitunter aus einem besonders harten und frischen Gestein bestehen.

Die Kieslager sind in sich niveaubeständig. Sind die umgebenden Gesteine stark gefaltet und gestört, so gilt das auch für die Lager. Da die derben Kiesmassen der Faltung einen anderen Widerstand entgegensetzen als das fast stets aus Schiefem bestehende Nebengestein, so sind Gleitflächen, Abquetschungen, Breccienbildungen und Diskordanzen in ihrer Nähe inmitten stark gefalteten Gebirges eine ganz allgemein verbreitete Erscheinung. Sie verhalten sich darin ähnlich den Einlagerungen von Massenkalk.

Die folgerichtige Beurteilung der geologischen und petrographischen Verhältnisse mancher genauer untersuchter Kieslager führt zu dem zweifellosen Ergebnis, daß dieselben mit dem Nebengestein gleichzeitig entstanden und sedimentär sein müssen. Sie bilden einen wichtigen Typus in der Reihe der schichtigen Lagerstätten, und man ist deshalb einstweilen berechtigt, ihnen eine größere Zahl in vieler Hinsicht analoger Vorkommnisse an die Seite zu stellen, deren ursprüngliche geologische und petrographische Verhältnisse durch mancherlei Vorgänge undeutlich geworden sind. Manche der nachstehend erwähnten Lagerstätten sind noch viel zu wenig genau untersucht, als daß ihre Einordnung an dieser Stelle des Systems etwas anderes als ein Notbehelf sein könnte.<sup>1)</sup> Soweit

<sup>1)</sup> \* Stelzner hat für die im nachstehenden beschriebenen Sulfdlager, soweit sie ihm schon bekannt sein konnten, eine sedimentäre Entstehung für am wahrscheinlichsten gehalten, wenn er auch in vielen Fällen die Unmöglichkeit einer endgültigen Entscheidung anerkannte. Die Behauptung Pošepnýs (Archiv f. prakt. Geologie, I, 423), wonach es überhaupt keine schichtigen Sulfdlagerstätten geben soll, hat zwar besonders nach des letzteren und nach Stelzners Tode Anhänger gefunden; sie galt aber für von Groddeck, Stelzner und manche andere Kenner der Lagerstättengeologie als eine unberechtigte Verallgemeinerung. In den letzten Jahren ist die Frage nach der Entstehung der Sulfdlager in vielen Arbeiten erörtert worden; der dabei für die wirkliche Erkenntnis erreichte Fortschritt ist aber doch kein so bedeutender, wie von manchen Seiten behauptet wird. Die Arbeiten über die „Genesis“ der Lagerstätten haben sich gehäuft, die sorgfältigen und objektiven Untersuchungen aber sind gegenüber der Sucht, zu erklären und zu verallgemeinern, in den Hintergrund getreten.

Mancher tatsächlichen Erkenntnisse, zu denen sich besonders die Petrographie durchgearbeitet hat, war Stelzner vor zehn Jahren nur teilweise teilhaftig geworden. Trotzdem aber wird man ihm jetzt noch Recht geben, wenn er die Auffassung vieler Autoren, welche in jedem Hornblendeschiefer von vornherein ein umgewandeltes Erguß- oder Intrusivgestein erblicken, in jedem Falle für beweisbedürftig hielt. Die weitgehende Bedeutung der Eruptivgesteine als Erzbringer, die schon frühzeitig besonders in Frankreich behauptet worden war, galt ihm in der Verallgemeinerung, wie sie immer und immer wieder vorgetragen worden ist, für unerwiesen. Die Annahme, daß von jetzt ganz leeren Spalten oder von Gängen aus dichte Gesteinsbänke auf eine Entfernung

wie möglich sollen die auf die Entstehung bezüglichen Fragen in den einzelnen Fällen erörtert und endlich versucht werden, weitere Gesichtspunkte zu gewinnen. Es wird sich indessen zeigen, daß auch bei den bestbekanntesten Lagerstätten die Frage nach der Herkunft der Metalle wiederum unbeantwortbar ist.

Manche Kieslager sind seit uralten Zeiten im Abbau und haben in früheren Zeiten nur Kupfer geliefert; der heutige Stand der Technik erlaubt auch die Nutzbarmachung ihres Eisens und Schwefels, einzelne haben auch als Zink- und Bleilagerstätten einige Bedeutung. Gold und Silber werden da und dort gewonnen, entstammen aber dann häufig den die Kiese durchsetzenden Gängen. Die Kieslager finden sich, soweit bisher bekannt, vom Gneis bis in den Culm; im Mesozoicum kennt man nur noch Andeutungen solcher. Es empfiehlt sich, auch diese Erzlager in zwei Gruppen, nämlich solche in metamorphen Schiefern und solche in normalen, versteinierungsführenden Sedimenten zu behandeln.

#### a) Kieslager in metamorphen Schiefern.

Eine Reihe von Kieslagerstätten beherbergt das kristalline Schiefergebirge der Tiroler, Kärntner und Steirer Alpen. Teilweise sind sie an die Grenze zwischen Kalksteinen und Schiefer oder an Kalksteine gebunden, enthalten dann manchmal auch ziemlich viel Quarz, und der Gedanke liegt nahe, sie für metasomatische Lagerstätten zu halten; mitunter führen sie Magneteisenerz und manchmal ziemlich viel Zinkblende. Dahin gehört die Lagerstätte am Kulmberg bei St. Veit a. d. Glan,<sup>1)</sup> etwa 20 km nördlich von Klagenfurt in Kärnten. In einem Kalklager treten dort Pyrit, Magnetkies und Magneteisen in streifenförmigen Einlagerungen auf, unter ihm quarzige, mit Glimmerschiefer

von mehreren hundert Metern hin fast gleichmäßig mit Erz imprägniert worden sein sollen, daß eine solche Durchtränkung stattgefunden haben soll, ohne daß überhaupt Zufuhrkanäle für die Lösungen nachzuweisen sind, daß mächtige Silikatbänke weithin durch einsickernde Metallösungen aufgezehrt worden sein sollen, war ihm zwar schon in der älteren Literatur begegnet, er hat sie aber nie diskutiert und in seinen Manuskripten höchstens beiläufig erwähnt.

Mit gewissen Ausnahmen habe ich die von Stelzner in diesem Abschnitte behandelten Lagerstätten in demselben belassen. Ich habe an der Einordnung nur dort etwas geändert, wo ich eine epigenetische Entstehungsweise für sicher oder fast sicher halten mußte; es gehören vor allem dahin gewisse heute mit mehr oder weniger Bestimmtheit als Kontaktlagerstätten erkannte Vorkommnisse. Über die Entstehung sehr vieler Sulfdlager ist die Diskussion keineswegs abgeschlossen, und es ist vor allem nicht unmöglich, daß manche, deren epigenetische Bildungsweise heute vertreten wird, später wieder als syngenetische aufgefaßt werden. Über viele gehen die Ansichten überhaupt weit auseinander. Eine Scheidung der Sulfdlager in verschiedene Gruppen hätte deshalb immer nur auf Grund von Auffassungen, nicht aber auf Grund der Tatsachen erfolgen können. Aus praktischen Gründen ist es daher weiterhin geraten, diejenigen sulfidischen Lagerstätten, auf welche der geologisch gut definierte, für bergmännische Bedürfnisse durchaus bezeichnende Begriff „Lager“ anwendbar ist, in eine Gruppe der schichtigen Lagerstätten zu vereinigen. Damit soll zugleich die Auffassung Stelznerns, der ich mich anschließe, zum Ausdruck kommen, daß tatsächlich viele solche Lager schichtige Lagerstätten sind. \*

<sup>1)</sup> Canaval, Das Erzvorkommen am Kulmberg bei St. Veit an der Glan; Carinthia, II, No. 6, 1901.

wechsellagernde Bänder von Magnet Eisen. Über dem Lager stellen sich pyritführende grüne Schiefer mit Magnetitkristallen ein. Im Hangenden dieser Erzzone sind früher zwei 1,5 und 2 m mächtige Lagerstätten abgebaut worden. Das eine besteht aus Ankerit und Spateisenstein mit schmalen Kalksteinlagern und ist besonders im Liegenden streifen- und trümerartig von Quarz durchzogen. Es führt in seinem unteren Teile Zinkblende, im hangenden Bleiglanz mit Pyrit, Magnetkies, Kupferkies und Antimonit (?). Die Zinkblende ist kadmiumhaltig. Merkwürdigerweise kommen auch, wenn auch spärlich, Plagioklase, Chromglimmer (Fuchsit) und im Quarz Zoisit und Rutil vor. Greenockit bildet sich bei der Verwitterung der Blende.

Solcher Lagerstätten gibt es nach Canaval in den östlichen Zentralalpen noch mehrere, so am Umberg<sup>2)</sup> in Kärnten. „Die Erzführung gehört einem fast sölhlig liegenden Kalklager an, das sich nach Westen unter Aufnahme von Quarz und Silikaten auskeilt und das nach Osten in feinkörnigen Kalk übergeht. Die Erze, speziell die Sulfurete, finden sich in dem aus grobkörnigem Kalk bestehenden Ausgehenden dieser Kalkzunge. Dort tritt auch Spateisenstein auf, der in dem Maße vertauht, als der grobkörnige Kalk in feinkörnigen übergeht.“ Die grobspätigen Karbonate sind durchwachsen von Quarzschnüren samt Schnüren und Putzen von Zinkblende, silberhaltigem Bleiglanz, Antimonit und Ankerit. Im Liegenden des Kalklagers kommen Quarzpartien mit Einschlüssen von Rutil, Hornblende, Granat, Magnetit und Calcit vor.

Diesen Typus von Lagerstätten bezeichnet Canaval als die „Erzvorkommen im Facieswechsel“. Er ist dadurch gekennzeichnet, daß sich die Erze in Kalksteinen vorfinden, die mit Schiefen wechsellagern oder im Streichen in diese übergehen. Canaval vermutet eine Metasomatose. Merkwürdig wäre aber jedenfalls das stellenweise reichliche Auftreten von Magnetit und Magnetkies, wenn man nicht vielleicht annehmen dürfte, daß die Metasomatose schon vor der Metamorphose eingetreten ist, so daß diese Lagerstätten in mineralogischer Beziehung den alten Kieslagern ähnlich wurden.

Nach Redlich sollen auch die beiden Kieslager von Öblarn<sup>3)</sup> in Obersteiermark zu dieser Gruppe von Lagerstätten gehören. Zwei Kieslager und zahlreiche begleitende kleinere Kieslinsen und -schmitzen sind innerhalb von Quarzphylliten auf 2000 m Entfernung zu verfolgen. Das unmittelbare Nebengestein der Lager, das auch linsenförmig innerhalb der letzteren auftritt und mit Pyritkristallen imprägniert ist, bildet ein sericitischer Schiefer. Die Quarzphyllite selbst liegen auf Granatglimmerschiefer, umschließen vereinzelte Kalkbänke und stellenweise Amphibolschiefer. Hauptsächliches Erz ist derber Schwefelkies. Kupferkies (Gelfen), Magnetkies und Arsenkies kommen im Lager selbst und auf zweifellos jüngeren Gängen vor; Bleiglanz ist stellenweise reichlich. Zinkblende, Antimonit, Rotgültigerz und silberhaltiges Fahlerz werden ebenfalls genannt, sind aber selten. Der Kies ist gold- und silberhaltig (etwa 100 g göldisches Silber in der Tonne), der Kupfergehalt des Erzes beträgt jetzt etwa 1—2%, soll aber in früheren Jahrhunderten, jedenfalls infolge sekundärer Anreicherungen in oberen Teufen, bedeutend reicher gewesen sein. Lagerarten sind Quarz, Kalkspat und untergeordnet auch Ankerit und Spateisenstein. Das jetzt in Abbau stehende Lager ist 1—2 m mächtig. Der Öblarner Schwefelkies

<sup>2)</sup> Das Erzvorkommen am Umberg bei Wernberg in Kärnten; *Jahrb. nat.-hist. Museums f. Kärnten*, XXII, 1893, 174—185.

<sup>3)</sup> Die Walchen bei Öblarn, ein Kiesbergbau im Ennsthal; *Leobener Jahrb.*, LI, 1903, 1—62. Lit. — Über das Alter und die Entstehung einiger Erz- und Magnesitlagerstätten der steirischen Alpen; *Jahrb. k. k. geol. Reichs-Anst.*, LIII, 1903, 285—294. — Söhle, Über den Kiesbergbau bei Öblarn in Obersteiermark; *Ztschr. f. prakt. Geol.*, IX, 1901, 296.

wird seit einigen Jahren wieder abgebaut und zur Schwefelsäurefabrikation verwendet, nachdem schon seit etwa 1460 wiederholt mit wechselndem Glück dort Bergbau umgegangen war.

Redlich hält die Lagerstätten für metasomatisch, indem er die Entstehung der genannten, von ihm als Diabastuffe gedeuteten Hornblendeschiefer und des Erzes für gleichzeitig erklärt. Möglicherweise seien damals schon die Erzlösungen in Kalksteine eingedrungen und hätten diese verdrängt. Durch die Metamorphose sei aber die ursprüngliche Struktur verwischt worden. Dabei wird eine nahe Verwandtschaft mit den dem gleichen Horizont angehörenden Kieslagern von Kallwang behauptet.

Die Kieslagerstätte von **Kallwang** in Obersteier ist von Canaval<sup>1)</sup> eingehend beschrieben worden. Der Ort liegt im Liesingtal, das bei St. Michael, oberhalb Leoben in die Mur einmündet. Die Erze des schon 1469 erwähnten, nach vielen Wechselfällen 1867 aufgelassenen Bergbaues waren Pyrit, Magnetkies, Kupferkies und der seltener einbrechende Arsenkies.

Das erzführende Gebirge setzt sich zusammen aus:

1. Schiefen, die wesentlich aus Quarz, Feldspat oder Karbonaten, Biotit und Chlorit bestehen.
2. Hornblendegesteinen, welche in der Erzzone auftreten.
3. Chloritoidgesteinen (Quarzphyllite).

Das Lager ist vielfach gebogen und zeigt bei einem Einfallen von 30—70° und einem SO.—NW.-Streichen wechselnde Mächtigkeiten von 1—4 Fuß; durch Biegungen kann aber die scheinbare Mächtigkeit eine bedeutend größere werden. Der Kupfergehalt des Erzes, welches als Kupfererz abgebaut worden ist, mag etwa 3% betragen haben.

Canaval hat eine mikroskopische Untersuchung des Erzes vorgenommen. Die Festwerdung der Erze in ihrer jetzigen Mengung erfolgte in nachstehender Reihenfolge:

Eisenkies,  
 älterer Magnetkies und Arsenkies,  
 Kupferkies,  
 jüngerer Magnetkies.

Das Altersverhältnis zwischen den Erzen und den mit ihnen gemengten Lagerarten ist folgendes: „Unter den Silikaten sind Augit und wohl auch Biotit, unter den Sulfureten Pyrit zuerst verfestigt worden. Die jüngeren Kiese umschließen oft Biotitblättchen oder zwängen sich zwischen solche ein, sind daher entschieden jünger als diese. Titanit ist oft in jüngeren Kiesen eingelagert und enthält auch selbst Einschlüsse von solchen, wurde daher ziemlich gleichzeitig mit denselben konsolidiert. Etwas älter als Titanit mag Plagioklas sein, der zwar Titanit und Epidot, aber noch keine jüngeren Kiese beherbergt, jedoch von solchen öfters umgeben wird. Am spätesten hat sich Quarz, etwas früher Calcit verfestigt, dessen Rhomboederchen als Einschlüsse im Quarz auftreten . . . Ein häufiger Begleiter der Erze ist grüne, aktinolithartige Hornblende. Dominiert diese, so liegt ein Gestein vor, das man makroskopisch als kiesreichen Hornblendeschiefer ansprechen könnte und welches die Alten infolge seiner bei Lampenlicht blauen Farbe als „Blauschiefer“ bezeichneten. Unter dem Mikroskope sieht man neben dem Amphibol, den opaken Erzpartien und dem dieselben begleitenden Titanit noch Biotit, Epidotkörner, dann gewissermaßen als Untergrund des Ganzen ein Quarzmosaik . . . Berücksichtigt man, daß der Kupferkies nicht nur manche Amphibolpartien ganz umgibt und zwischen den Hornblendestengeln interponiert auftritt, sondern auch mit Vorliebe sich auf Querbrüchen derselben

<sup>1)</sup> Das Kiesvorkommen von Kallwang in Obersteier und der darauf bestandene Bergbau; Mitt. des naturw. Ver. f. Steiermark, 1894, mit ausführlicher Lit.

angesiedelt hat, so sprechen diese Umstände wohl dafür, daß der Eisenkies, in dem Amphiboleinschlüsse gar nie beobachtet wurden, relativ älter als dieser und auch älter als der Chalkopyrit ist.“ Der Eisenkies ist häufig in ringsum ausgebildeten Kristallen im Kupferkies eingeschlossen; manchmal ist ein Pyritkorn zerbrochen und durch jüngere Kiese wieder verheilt. Verlagerungen und Wanderungen der Kiese haben offenbar später noch in dem Gestein stattgefunden. „Gebilde, welche man als Apophysen bezeichnen möchte, sind nicht selten. Ein Handstück . . . zeigt auf seinen Schichtflächen dicke Striche, welche sich unter spitzen Winkeln kreuzen und die unter der Lupe als schmale, bis 0,5 mm mächtige Spältchen erscheinen. Im Dünnschliffe erscheinen dieselben als Kiesaggregationen, deren unregelmäßig ausgelappte und zerfranste Ränder durch die Konturen der benachbarten Mineraldurchschnitte bestimmt werden und welche selbst wieder zahlreiche Quarz- und Epidotkörnchen umgeben. Kleine linsenförmige Kiesanhäufungen sind, nach der Flaserung des Gesteines sich windend, demselben eingelagert und stehen zum Teile durch dünne Ästchen mit den spaltenförmigen Gebilden im Zusammenhange.“ Die hier ausführlicher wiedergegebene mikroskopische Schilderung entspricht im allgemeinen dem Bilde, welches auch sonst die mikroskopische Untersuchung ähnlicher Kieslager in kristallinen Schiefen bietet. Canaval erblickte in den das Erzlager unmittelbar begleitenden Hornblendeschiefern durch Gebirgsdruck umgewandelte Diabase, welche sich auf dem Meeresgrund ausgebreitet hätten und auf deren Eruption auch die Erzführung zurückzuführen sei. Die Metalle seien durch gasförmige Exhalationen gefördert worden.

Eine Anzahl einander recht ähnlicher Kieslager ist zeitweise in der Kreuzeckgruppe in Kärnten, dem etwa 2700 m hohen, zwischen dem Möll- und Oberdrautal gelegenen Gebirgsstock abgebaut worden; sie sind besonders von Canaval beschrieben worden. Im **Lamnitztal**,<sup>1)</sup> das bei Rangersdorf in die Möll mündet, ging früher ein schon 1526 erwähnter Bergbau auf Kieslagern um. Diese erreichen Mächtigkeiten von 0,3 bis zu 4 m und treten hauptsächlich im Liegenden von Hornblendeschiefern und im Hangenden von Granatglimmerschiefern auf. Die derberen Erze bestehen aus feinkörnigem Pyrit samt Magnetkies und Kupferkies und etwas Blende, im Hangenden führen sie etwas silberhaltigen Bleiglanz. Die Mittelerze sind kiesführende Biotit- und Hornblendeschiefer, manchmal ein Gemenge von Sulfiden mit Uralit, Tremolit und Calcit. Canaval stellte folgende Reihenfolge der Verfestigung der die Gesteine bildenden Mineralien auf: Am ältesten ist Uralit, es folgen Zoisit, Biotit, Pyrit, blaugrüne stengelige Hornblende, Magnetkies, Kupferkies, Zinkblende und Titanit, Bleiglanz, Albit, Quarz, Calcit. Die Lamnitzer Kiese enthielten im Mittel 92 g Silber und etwa 2 g Gold in der Tonne, dabei etwa 2% Kupfer. Mit Kiesen, Bleiglanz und Blende durchwachsene Chloritschiefer sind ferner im **Wellatal**, andere Kiesvorkommen an anderen Orten des Kreuzecks abgebaut worden. Im ganzen Gebirge ging in früheren Jahrhunderten ein lebhafter Bergbau um.

Ein anderes Kiesvorkommen hat Canaval von der **Knappenstube**<sup>2)</sup> bei Zwickenberg am Kreuzeckstock in Kärnten beschrieben. Die aus Schwefel- und Magnetkies samt Arsenkies bestehenden, etwa 1 m mächtigen, z. T. recht derben Mittel sind eng gebunden an Hornblendeschiefer und Amphibolite, welche teilweise zwischen die Kieslagen eingewachsen sind. Sie gehören einer Granatglimmerschieferzone an, und Glimmerschiefer bilden samt eingelagerten Graphitschiefern auch das Liegende der Lagerstätte. Bleiglanz kommt samt Zinkblende

<sup>1)</sup> Canaval, Zur Kenntnis der Erzvorkommen des Lamnitz- und Wellathales in Kärnten; Carinthia, II, No. 5, 1898.

<sup>2)</sup> Zur Kenntnis der Erzvorkommen in der Umgebung von Irschen und Zwickenberg; Jahrb. naturh. Landesmus. f. Kärnten, XXV, 1899.

als Kluftfüllung, ersterer auch in dünnen Schmitzen im Glimmerschiefer vor. Der Goldgehalt ist meistens nur ein spurenhafter, steigt aber stellenweise sehr hoch (bis zu 214 g pro Tonne), desgleichen ist auch der Silbergehalt kein gleichmäßiger. Dabei ist der erstere abhängig von dem Arsengehalt, so daß man wohl den Arsenkies als den Goldträger betrachten darf. Die von Canaval gegebene mikroskopische Beschreibung der Erze erweckt den Eindruck, als ob hier ein älteres Kieslager durch spätere Einwanderungen von Erzen chemisch und mineralogisch recht stark modifiziert worden wäre. Tatsächlich finden sich am Fundkofel in der Nähe der Knappenstube goldführende Arsenkiesgänge.<sup>1)</sup>

An der Pustertalbahn (Tirol) bei Sillian, etwa 25 km westlich von Lienz an der Drau liegt **Panzendorf**,<sup>2)</sup> wo bis 1815 ein Kupferbergbau umgegangen sein soll; vor etwa zehn Jahren sind die Erze wieder zur Gewinnung von Schwefelkies in Abbau genommen worden. Auch das dort abgebaute Kieslager gehört einer Granatglimmerschieferzone an, welche das Liegende und Hangende des Lagers bildet und Amphibolite umschließt. Es ist im Ausstrich etwa 1,5, in 80 m Teufe dagegen etwa 4 m mächtig und auf 80 m streichende Ausdehnung zu verfolgen. Das Erz besteht größtenteils aus Schwefel- und Magnetkies, führt ziemlich viel Zinkblende und etwa so viel Bleiglanz als Kupferkies; der Kupfergehalt der derben Kiese beträgt etwa 1,5<sup>0</sup>/<sub>0</sub>. Auch hier ist dem Erz in geringen Mengen Arsenkies beigemischt.

Armes Erz von Panzendorf erweist sich im Dünnschliff als ein hauptsächlich aus grüner Hornblende, braunem Glimmer, viel Kalkspat und sehr viel Quarz bestehender Schiefer; diese und die Sulfide Pyrit, Magnetkies, Zinkblende, Bleiglanz und Kupferkies sind zweifellos primäre Bestandteile des Gesteines in seiner jetzigen Ausbildung. Eine strenge Altersfolge zwischen den nicht metallischen Bestandteilen ist nicht nachzuweisen; im allgemeinen sind aber die dunklen Silikate wieder älter als der Kalkspat und der Quarz und der letztere überhaupt der jüngste. Der Magnetkies kommt als unzweifelhaft primärer Einschluß bereits in der Hornblende vor; bemerkenswert ist seine Neigung zur Kristallisation in sechsseitigen Täfelchen. Der Kupferkies ist das jüngste unter den Sulfiden. Er ist mit dem Quarz etwa gleichalterig und wo er auftritt, ist die Hornblende gern zerfasert und schilfig; es sieht dann fast so aus, als ob der Kupferkies zwischen die Fasern hineingerieben wäre. Der Pyrit ist innig durchwachsen von Blende, älter als der Magnetkies und tritt in gewissen, offenbar stark gequetschten Erzproben in Form millimetergroßer, rundlicher Körner auf, welche aber immerhin noch Andeutungen von Kristallflächen erkennen lassen. Auch hier ist der Metallgehalt offenbar schon vorhanden gewesen, als das Gestein in seinen jetzigen Zustand eintrat.

Erzführende Schiefer kommen auch bei **Lading**,<sup>3)</sup> nächst St. Michael im Lavanttal (Kärnten) vor. Die Kiese bilden auch derbere Massen, in welche Granat, Quarz und Glimmerblättchen eingewachsen sind; sie enthalten Kupfer, Nickel, Kobalt, etwas Zink und Spuren von Blei und Arsen. Das erzführende Gestein ist hauptsächlich Gneis, ganz untergeordnet auch Kalk und Cipollin. Die Lagerstätte ist in manchen Stücken von den zuletzt genannten Kieslagern verschieden.

<sup>1)</sup> Canaval, ebenda.

<sup>2)</sup> Manuskripte von Frhrn. May de Madiis und R. Canaval, 1902 (im Archiv der Eigentümerin, Chemische Fabrik Heufeld, welche freundlichst die Einsicht in dieselben gestattet hat). — Briefliche Mitteilungen des Betriebsleiters Krassnitzer in Oberdrauburg an Bergeat.

<sup>3)</sup> Canaval, Bemerkungen über das Kiesvorkommen von Lading in Kärnten; Jahrb. naturh. Mus. von Kärnten, XXVI, 1901.

Schon im XV., XVI. und XVII. Jahrhundert hat ein ergiebiger Kupferbergbau in der Prettau<sup>1)</sup> im **Ahrntal**, einem nördlichen Seitental des Pustertales in den Tiroler Zentralalpen bestanden. Die über dem Zentralgranit liegende Schichtenfolge besteht aus Glimmerschiefer, Gneis, Chloritschiefern, Tonglimmerschiefern, Talkschiefern samt Kalksteinen usw.<sup>2)</sup> Die Lagerstätten sind gebunden an den Grünschiefer des südlichen Talgehanges; es werden acht 1—10 m (im Durchschnitt 2 m) mächtige Erzlinsen genannt, die im Streichen nur 18—60 m weit zu verfolgen sind, dagegen bis zu 550 m im Fallen anhalten sollen. Reh spricht deshalb von „Erzbändern“; sie würden an die Kieslineale von Rösos in Norwegen erinnern. Erze sind Schwefelkies, Magnetkies und Kupferkies, daneben stellenweise recht reichlich Magnetit. Nach Schmidt kämen in der Prettau auch Titaneisen, Rotnickelkies, Eisenglanz, gediegen Kupfer und Silber vor. Der Schwefelkies findet sich in einer der Linsen als vorwaltender Bestandteil. Die Lager zeigen eine Bänderung parallel zu den umschließenden Schiefnern und enthalten die Mineralelemente dieser letzteren; mitunter, besonders in dem genannten Schwefelkieslager, treten die Silikate ganz in den Hintergrund. Die einzelnen Lager sind 2—40 m voneinander entfernt und treten in einer Schieferzone von 170 m Länge und 100 m Breite auf. Ihre größte Erstreckung haben sie diagonal zum Schichteneinfallen.

Ohne daß hier eine ausführliche Beschreibung der mikroskopischen Struktur des Prettauer Erzes beabsichtigt werden könnte, sollen doch einige kurze Bemerkungen von allgemeiner Wichtigkeit Platz finden. Das Muttergestein der Erze ist ein Hornblendeschiefer. Die frische, stengelige Hornblende (Pleochroismus zwischen dunkelblaugrünen und lichtbraunen Farbetönen) ist manchmal das einzige Silikat, wird aber auch mehr oder weniger reichlich von frischem, braunem Glimmer und Quarz begleitet. Feldspat ist höchstens sehr spärlich vorhanden. Teilweise besteht das Erz nur aus einem Gemenge von Hornblende, Magnetit, Pyrit, Magnetkies und Kupferkies. Immer ist der Magnetit zweifellos der älteste Bestandteil des Gemenges, denn er ist reichlich in allen übrigen, besonders in der Hornblende eingewachsen. Der Pyrit ist älter als der Magnetkies, dieser wiederum älter als der Kupferkies. Alle drei sind im großen ganzen jünger als die Hornblende und der Biotit, indessen kommen auch gar nicht selten unzweifelhafte primäre Einschlüsse von Pyrit und Magnetkies, scheinbar auch solche von Kupferkies in den beiden Silikaten vor, woraus sich ergibt, daß die Sulfidverfestigung schon zur Zeit der Hornblendebildung begonnen haben muß. Im übrigen füllen die Sulfide die Zwischenräume zwischen den Silikaten aus; es ist aber auch zu bemerken, daß z. B. der Magnetkies in seltenen Fällen auf Querrissen in die Hornblende eingedrungen ist, woraus gefolgert werden muß, daß die letztere schon innerhalb des unverfestigten Sulfidgemenges Zerdrückungen erlitten haben muß. Von einer späteren Einwanderung der Erze in das fertige Schiefergestein kann keine Rede sein. Der Quarz ist der jüngste Gesteinsgemengteil. Er umschließt Erze und Silikate; in ihm kommt der Pyrit auch in Kriställchen vor. Auch der Quarz kann kein späterer Einwanderer sein, wenn er auch teilweise erst verfestigt worden sein mag, als die Silikate z. T. schon Zerrüttungen erfahren hatten; seine Bildungszeit fällt mit dem Schluß der Silikatausscheidung zusammen. Die erzführenden Schiefer lassen eine sehr feine Fältelung erkennen. Eigentümlich ist das Auftreten des Pyrits in Körnern von rundlichem

<sup>1)</sup> A. B. Schmidt, Über das Kupferwerk im Thale Ahrn in Tirol; Berg- u. Hüttenm. Ztg., XXVII, 1868, 403—404. — Reh, Das Kupferkies- und Schwefelkies-Vorkommen von Prettau im Ahrental (Südtirol) und dessen technische Ausbeutung; Ztschr. f. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes., XXXI, 1883, 166—172.

<sup>2)</sup> Niedzwiedzki, Aus den Tiroler Centralalpen; Jahrb. k. k. geol. Reichsanst., XXII, 1872, 241—252.

oder elliptischem Querschnitt. In den magnetitreicheren Proben bemerkt man spindelförmige Sulfidpartien von etwa 2 mm Länge, deren ganzer mittlerer Teil aus einem eiförmigen Pyritkorn, deren langausgezogene Enden aus Kupferkies bestehen. Möglicherweise handelt es sich dabei um eine Erscheinung der Auswalzung.

Der Bergbau in der Prettau ist seit mehreren Jahren aufgelassen. Der Kupfergehalt der reicherer Erze betrug durchschnittlich etwa 2,25<sup>o</sup>/<sub>o</sub>, der Schwefelgehalt 10,8<sup>o</sup>/<sub>o</sub>, der Eisengehalt 40<sup>o</sup>/<sub>o</sub> (was auf eine sehr starke Beteiligung von Magnetit hinweist). Der arsenfreie Kies des Schwefelkieslagers wurde noch vor mehreren Jahren von der Heufelder Chemischen Fabrik (Rosenheim in Bayern) auf Schwefelsäure verarbeitet. Noch im Jahre 1877 waren 2300 Ztr. Stufferz und 51 000 Ztr. Pocherz erzeugt worden, in den sechziger Jahren des XIX. Jahrhunderts soll die Förderung sogar 80 000 Ztr. betragen haben, woraus in der Schmelzhütte zu Arzbach 750 bis 800 Ztr. Kupfer erschmolzen wurden.

Nur unvollkommen bekannt ist in Bezug auf seine Entstehungsweise das Kieslager von **Agordo**,<sup>1)</sup> das sich von den bisher beschriebenen alpinen Kieslagern mineralogisch wesentlich unterscheidet.

Die italienische Stadt Agordo<sup>2)</sup> liegt am Cordevole, einem Nebenfluß der Piave, etwa

<sup>1)</sup> Sprich ágördo.

<sup>2)</sup> Beschreibung des Kupferbergwerkes zu Agordo. Geschichte des Bergwerkes zu Valle Imperina zunächst Agordo; von Molls Jahrb. der Berg- und Hüttenk., V, 1801, 140—184. — W. Fuchs, Beiträge zur Lehre von den Erzlagerstätten mit besonderer Berücksichtigung der vorzüglichsten Bergreviere der k. k. österreichischen Monarchie. Wien 1846, 11—18. — Ders., Einige Bemerkungen über die Lagerungsverhältnisse der Venetianer Alpen; Sitz.-Ber. d. math. natur. Cl. k. k. Akad. d. Wiss., 1850, II, 452—464. — Bauer, Kupferwerk Agordo. Geschichtliche, geognostische und bergmännische Notizen über die Grubengebäude dieses Werkes; Jahrb. f. d. Berg- u. Hüttenm. des österr. Kaiserstaats, III, 1852, 223—233. — Haton, Mémoire sur l'établissement d'Agordo; Ann. d. Mines (5), VIII, 1855, 407—493. — Das Ärarial-Kupferwerk Agordo; vom k. k. Finanzministerium, 1860. — von Cotta, Agordo; Berg- u. Hüttenm. Zeitung, XXI, 1862, 425—427. — Ders., Erzlagerstätten, II, 1861, 334—335. — vom Rath, Über die Quecksilber-Grube Vallalta in den venetianischen Alpen; Ztschr. d. deutsch. geol. Ges., XVI, 1864, 121—135. — Bauer, Bemerkungen über die Mitteilungen v. Cottas bezüglich der geologischen Verhältnisse und der Kupferlagerstätte von Agordo im Imperinathale; Österr. Ztschr. f. Berg- u. Hüttenw., XI, 1863, 101—102. — Walter, Beitrag zur Kenntnis der Erzlagerstätte von Agordo; ebenda 114—119. — Friese, Notiz über den Kiesstock zu Agordo; ebenda 235—236. — A. St. Schmidt, Geognostisch-bergmännische Skizze über den Kiesstock zu Agordo; Berg- u. Hüttenm. Ztg., XXVI,

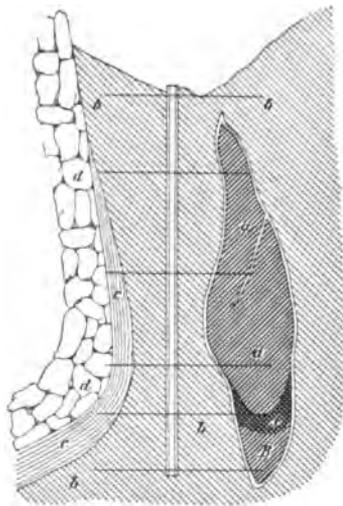


Fig. 65. Querprofil durch das Kieslager von Agordo. a der Kiesstock, der obere Teil des Profils zeigt den Querschnitt in der Ebene des Hauptschachtes, der untere (b) denjenigen im nördlichen Lagerteil; b Tonschiefer, die Schraffierung zeigt nicht den Verlauf der Schichtung an; c triasischer Sandstein u. Gips (Werfener Schiefer); d Triaskalk. (Fuchs, 1850. Zeichenklärung z. T. nach Walter.)

20 km von Belluno in Venetien entfernt in einer Talweitung, welche rings umschlossen wird von prächtigen Gipfeln triasischer Kalkberge. Die Trias lagert auf Tonschiefern unbestimmten Alters, welche an den tieferen Stellen der Tal-

Fig. 66.

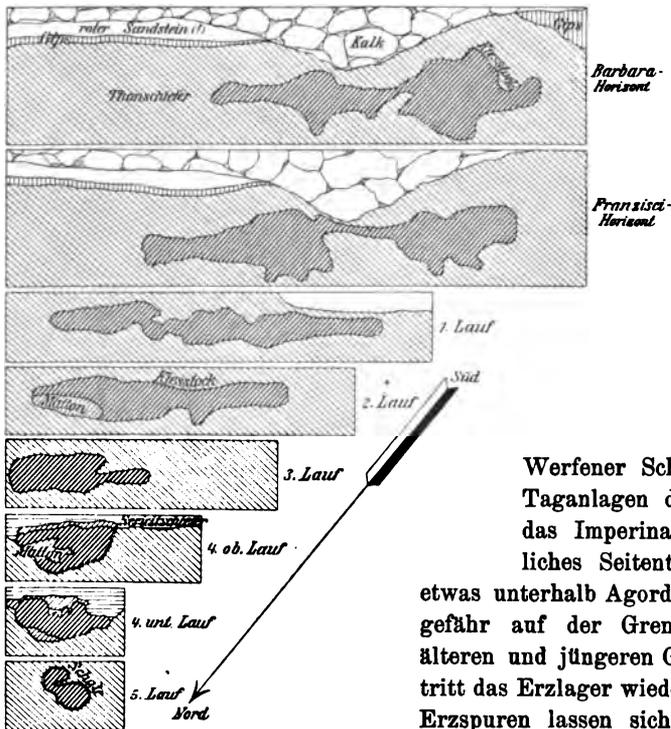
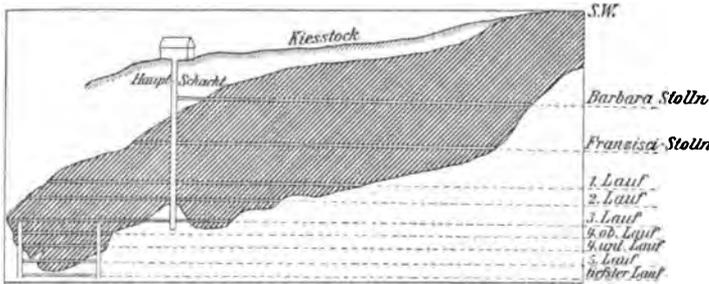


Fig. 67.

Fig. 66. Längsschnitt durch das Kieslager von Agordo.

Fig. 67. Verschiedene Querschnitte durch dasselbe. (Walter, 1863.)

gehänge und auf den Sohlen der Seitentäler des Cordevole hervortreten. Die Schiefer streichen SW.—NO. und fallen nach NW. Innerhalb derselben liegt ein mächtiges Kieslager nahe der Grenze

zwischen den letzteren und den steil einfallenden, überkippten roten Sandsteinen der Werfener Schichten. Bei den Taganlagen der Grube mündet das Imperinatal, ein südwestliches Seitental des Cordevole, etwas unterhalb Agordo; es verläuft ungefähr auf der Grenze zwischen den älteren und jüngeren Gesteinen. In ihm tritt das Erzlager wiederholt zutage, und Erzspuren lassen sich in dem Tale bis über eine Stunde weit von dessen Mündung nachweisen.

Die Schiefer sind gut geschichtet; bald sind es schwarze graphitische Ton-

1867, 240—241. — von Groddeck, Zur Kenntnis einiger Sericitgesteine, welche neben und in Erzlagerstätten auftreten; N. Jahrb., II. Beil.-Bd., 1882, 72—138. — Pfiwoznik, Das Berg- und Hüttenwerk in Agordo; Monographien des Museums für Geschichte der österr. Arbeit, Heft VII, 1896.

schiefer, bald lichte Sericitschiefer. Nach allen Angaben ist das Kieslager mit gleichem Fallen und Streichen den Schiefen eingelagert. Seine Gestalt ist eine höchst unregelmäßige, indem es sich bald ausbaucht, bald beträchtlich verschmälert, wie es die von B. Walter mitgeteilten Querschnitte (Fig. 67) zeigen. Als eine im Streichen langausgedehnte Masse, deren größte Achse mit dem Horizonte  $14^{\circ}$  bildet, die gegen NO. einfällt und unter dem Imperinatal hinzieht, erreicht es eine größte Längsausdehnung von etwa 500 m, eine Höhe von 110 m und eine Dicke von durchschnittlich 30—35 m; die letztere schwankt indessen zwischen 2 und 80 m. Es wird rings umschlossen von einem hellfarbigen, mit viel Kieskristallen und Kupferkiesschmitzen durchwachsenen Sericitschiefer, welcher den Übergang des Lagers in das Nebengestein darstellt und als „Matton“<sup>1)</sup> bezeichnet wird. Derselbe Schiefer, an dessen derzeitiger Erscheinung vielleicht sekundäre Prozesse beteiligt sein dürften, findet sich auch in dem Lager oder zieht sich vom Nebengestein aus in dasselbe hinein. Die Absonderung des Erzes vom letzteren ist eine scharfe.<sup>2)</sup> Die Grenze zwischen beiden ist keine Ebene, sondern, wie sich angesichts des Gebirgsdrucks selbst versteht, vielfach in ihrer Ursprünglichkeit gestört, die Oberfläche der Kiesmasse buckelig und uneben. Das Erz des Kiesstockes ist ein sehr feinkörniges und dichtes Gemenge von Schwefel- und Kupferkies, durchwachsen mit Kalkspat (oder einem eisenhaltigen Karbonat?). Silberhaltiger Bleiglanz und helle und dunkle Zinkblende bilden da und dort derbere Massen; Blende, Kupferkies, Quarz, Kalkspat und Ankerit finden sich auf Hohlräumen kristallisiert. Ebenso wird Arsenkies erwähnt. Der Kupfergehalt der reichsten Erze beträgt 5,5%, im Mittel 1,4%, der Schwefelgehalt 48%. In dem Kupfer von Agordo lassen sich u. a. nachweisen: Arsen, Antimon, Nickel, Kobalt und Silber. Außer dem großen Kiesstock finden sich noch zahlreiche kleine Einlagerungen von Kiesen zwischen den Schichten des „Matton“. Die Mächtigkeit des letzteren beträgt wenige bis viele Meter. Der Kies ist durchzogen von prächtigen, spiegelblanken Harnischen.

Im Dünnschliff erweist sich das Erz von Agordo als ein Gemisch von Pyrit, Kupferkies, Blende und Bleiglanz mit Ankerit und verhältnismäßig wenig Quarz. Dazu kommen noch Schüppchen eines farblosen Glimmers, die manchmal für sich allein vom Pyrit umschlossen werden, also älter sind als dieser. Im übrigen ist der letztere, der eine ausgesprochene Neigung zur Kristallbildung zeigt, auch hier wieder das älteste unter den Erzen; etwas jünger als er ist die Zinkblende, dann folgen Bleiglanz und Kupferkies. Das Karbonat erfüllt die Lücken in dem kristallinen Gemenge, umschließt ringsum ausgebildete Pyritkriställchen und tritt z. T. gangförmig im Erz auf. Solche mikroskopische Gänge führen dann auch wohl etwas Bleiglanz. Der Quarz ist mindestens teilweise erst später eingewandert und stets an Ort und Stelle kristallisiert, nicht klastisch. In seiner jetzigen Ausbildung ist das Mineralgemisch genetisch einheitlich; keinesfalls kann das Erz in das jetzige Karbonataggregat eingewandert sein.

<sup>1)</sup> il matto = der Narr.

<sup>2)</sup> Merkwürdiger Weise ist in keiner Beschreibung davon die Rede, daß ein Teil der das Lager umgebenden Schiefer skölar- oder ruschelartige, durch Pressung oder Gleitung entstandene Gebilde sein könnten. Und doch scheint das Auftreten solcher angesichts der außerordentlichen Deformation des Lagers fast selbstverständlich zu sein.

Das Totalgewicht der ursprünglich vorhandenen Kiesmasse ist auf 133076000 Ztr., das der im Jahre 1860 noch vorhandenen auf 84626000 Ztr. mit 1286000 Ztr. ausbringbarem Kupfer berechnet worden. Die jüngsten Berechnungen ergaben nur noch 1,5 Mill. t abbauwürdigen Kies.<sup>1)</sup>

Der Bergbau zu Agordo hat wahrscheinlich schon im Jahre 1488, bestimmt aber 1559 bestanden und blühte im Beginn des XVII. Jahrhunderts unter venetianischen Patriziern. Späterhin haben die Wasserverhältnisse und wiederholte Einstürze in den großen, nicht versetzten Weitungsbauen den Betrieb schwer geschädigt und dessen allmählichen Übergang an den Staat Venedig, seit 1797 an Österreich herbeigeführt, von dem es 1866 an Italien kam. Jetzt gehört die Grube einer Privatgesellschaft.

Um 1860 betrug die jährliche Kupferproduktion zu Agordo etwa 200 t, die geförderte Kiesmasse etwa 15000 t. Außerdem wurden noch gegen 600 t Eisenvitriol gewonnen. Im Jahre 1901 belief sich die Erzförderung auf 20000 t.

Man gewinnt gegenwärtig Vitriol und Zementkupfer und verarbeitet die Kiese in verschiedenen chemischen Fabriken Oberitaliens.

Im Distrikt **Pine-  
rolo**, SW. von Turin, in den cottischen Alpen gelegen, ist das Kiesvorkommen von Monte Beth (oder Vallon Crò) und Monte Ghinivert<sup>2)</sup> seit 1863 Gegenstand des Bergbaus. Die Hochebene von Beth ist 2750 m hoch

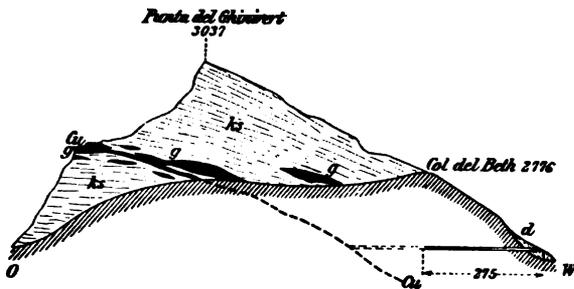


Fig. 68. Querschnitt durch das Kieslager von Ghinivert. Der Teil über der Schraffurierung ist ein natürlicher Anfschluß auf der Nordseite des Berges. *ks* Kalkphyllit; *g* Grünschiefer; *Eufotide* (Saussuritgabbros); *Cu* Kieslager; *d* Gebirgsschutt. Die Zahlen bedenten Meter. (Novarese, 1900.)

und den größten Teil des Jahres mit Schnee bedeckt. Die Kiese bilden eine Zwischenlagerung in einem mächtigen, aus Phylliten, Kalkphylliten, Amphibolit, Serpentin, Grünschiefern, Diabas usw. bestehenden Schichtenkomplex und sind darin an einen bestimmten Horizont, nämlich an die Basis der hauptsächlichsten Grünschieferereinlagerungen gebunden. Sie bilden ein Lager, welches ganz mit denjenigen z. B. des Rammelsbergs und Südspaniens zu vergleichen ist, konkordant zwischen den Schichten liegt und alle Biegungen derselben mitmacht. Den typischen Kieslagern entspricht auch die Gleichmäßigkeit und die Art des Erzgehaltes und seine kompakte Struktur; es ist am Monte Beth wie am Ghinivert ein mit etwas Quarz und Kupferkies durchmischter, feinkörniger Pyrit mit 2—5% Kupfer und 41—50% Schwefel.

Die hauptsächlichste Grube liegt im Monte Beth, dessen oberer Teil besonders aus Grünschiefern und einer mächtigen Masse von Euphotid<sup>3)</sup> besteht; an ihrer Basis fällt das 1—2 m mächtige, NS. streichende Lager etwa 25—30

<sup>1)</sup> Catalogo della mostra fatta dal Corpo Reale delle Miniere, Parigi 1900, 84.

<sup>2)</sup> Novarese, La miniera del Beth e Ghinivert; Rass. Mineraria, XII, No. 7, 8, 9 vom 1., 11. u. 21. März 1900.

<sup>3)</sup> Damit werden von den Italienern gewöhnlich Saussuritgabbros bezeichnet.

gegen Westen ein. Andere Kieslinsen oder vielleicht auch nur Kiesimprägnationen machen sich über dem Lager durch ihre verwitterten Ausstriche bemerkbar.

Die benachbarte Grube von Ghinivert, 1200 m von der Bethgrube, baut auf einem ganz ähnlichen, NW. streichenden, 20° gegen S. einfallenden, gleichfalls von Grünschiefern begleiteten Lager, das von letzteren im allgemeinen durch Bänke von Kalkphyllit getrennt ist. Das Nebengestein ist mit Sulfiden imprägniert, das Lager selbst aber als kompakte Masse scharf davon geschieden. Es ist im Fallen auf ungefähr 400 m aufgeschlossen worden und hat sich allenthalben als eine zusammenhängende Masse von wechselnder, bis über 2 m betragender Mächtigkeit erwiesen; stellenweise sind in den Erzkörper Schieferlagen eingebettet. Beide Kiesvorkommnisse, das vom Monte Beth und das zuletzt erwähnte, sind durch ein tiefes Erosionstal voneinander getrennt, übrigens aber einander mineralogisch und geologisch so ähnlich, daß Novarese glaubt, dieselben könnten nur Teile eines und desselben Lagers sein. Die Entstehungsweise desselben hat letzterer ausführlicher erörtert. Zunächst hält er es für das wahrscheinlichste, daß die in dem Gebiet auftretenden Grünschiefer und Grünsteine teils Tuffe, teils Effusivgesteine sind; welche Glieder der einen, welche der anderen Gruppe angehören, läßt sich angesichts der intensiven Veränderungen durch die Metamorphose im einzelnen nicht mehr feststellen. Die Ablagerung der Kiesmassen sei auf die Eruptionen der basischen Gesteine zurückzuführen; sie sind sedimentärer Entstehung und regelrechte Glieder der Schichtenfolge. Gleicher Ursprung wird auch den ähnlichen Kieslagern von Ollomont, Champ de Praz, Saint Marcel und Chialamberto in Piemont zugeschrieben.<sup>1)</sup>

In der Zips, dem großenteils deutsch sprechenden Komitat im Flußgebiet der oberen Hernad, der Poprad und der Göllnitz im Osten und Südosten der hohen Tatra wird an verschiedenen Orten Bergbau betrieben, so vor allem auf Spateisensteingängen bei Iglo und Göllnitz und auf Kieslagern bei **Schmölnitz**.<sup>2)</sup> Letzterer Ort liegt inmitten des bis zu 1300 m ansteigenden Mittelgebirges an einem südlichen Seitenbach der Göllnitz, 20 km von dem Städtchen gleichen Namens entfernt.

Die Erzlagerstätten treten in einer etwa 250 m breiten Zone inmitten von WSW.—ONO. streichenden und unter 60—75° gegen Süden einfallenden, vorwiegend graugrünen Sericitglimmerschiefern auf, die lagenweise in lichtere Quarzitschiefer übergehen. Ihre Begrenzung im Liegenden und Hangenden erfährt diese Zone durch je eine etwa 12 m mächtige Lage von dunkel- bis schwarzgrauen, stark graphitischen und halbmetallisch glänzenden Phylliten. Innerhalb des Sericitschieferbandes liegen in vollständig konkordanter Lagerung

<sup>1)</sup> Novarese, L'origine dei giacimenti metalliferi di Brosso e Traversella in Piemonte; Boll. R. Comit. geol., 1901, No. 1.

<sup>2)</sup> von Cotta, Über Erzlagerstätten Ungarns und Siebenbürgens; Gangstudien, IV, 1862, 53—56. — Faller, Reisenotizen über einige wichtigere Metallbergbaue Oberungarns; Leobener Jahrb., XVII, 1868, 193—210. — Steinhausz, Der Kupfer- und Schwefelkies-Bergbau von Schmöllnitz; ebenda XLIV, 1896, 267—320. — Fährdich, Der Schwefelkiesbergbau der Oberungarischen Berg- und Hüttenwerks-Aktiengesellschaft bei Schmöllnitz; Ztschr. f. d. Berg-, Hütten- u. Sal.-W., XLVI, 1898, 217—234.

die sogenannten „Streichen“, d. s. Fahlbänder mit feinverteilten staubförmigen Partikelchen von Schwefel- und Kupferkies; dieselben führen stellenweise auch derbere kleine Erzlinsen und Schnüren und Bänder von Kiesen in völlig paralleler Einlagerung. Die „Streichen“ sind auf Erstreckungen von 3000—4000 m hin verfolgt und bis zu einer Teufe von 360 m nachgewiesen worden. Ihre Breite beträgt bis zu 18 m. Hauptsächlich sind es drei, ein Hangend-, Mittel- und Liegendstreichen (Fig. 69). Dadurch, daß sie manchmal lagenweise taub werden, scheinen sie sich zu gabeln. In der Fortsetzung der „Streichen“ und zwischen ihnen liegen die eigentlichen Kiesstöcke. Außer einer Reihe kleinerer sind drei besonders große aufgeschlossen worden, deren Dimensionen betragen:

	Im Streichen	Im Fallen	Mächtigkeit
Liegendkiesstock . . .	400 m	125 m	bis 40 m, im Mittel 26,5 m.
Hangendkiesstock . . .	300 „	80 „	15 m.
Engelbertkiesstock . . .	180 „	80 „	etwa 25 m.

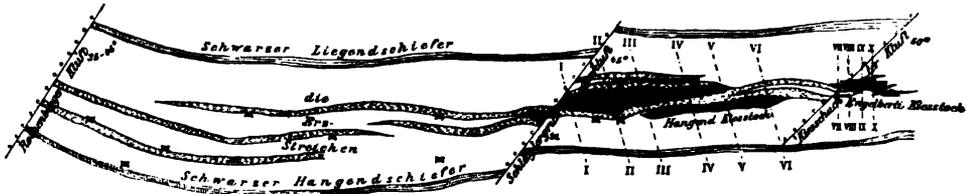


Fig. 69. Grundriß des Kiesvorkommens von Schmöllnitz. (Steinhausz, 1896.)

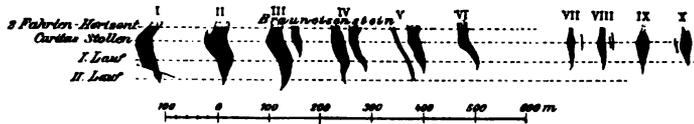


Fig. 70. Querschnitte durch das Kieslager von Schmöllnitz. Die römischen Zahlen entsprechen denen der Profilnlinien in Fig. 69. (Steinhausz, 1896.)  
Der Maßstab ist derselbe für Fig. 69 und 70.

Sowohl die Erzstöcke wie die Streichen sind gegen das umgebende Schiefergestein nicht scharf abgegrenzt, sondern gehen in dasselbe über.

Die Struktur der Kiesstöcke ist bald eine richtungslos körnige, bald ist das Erz infolge wechselnder Zusammensetzung oder infolge von Zwischenlagerungen feinsten Tonschieferlagen gebändert; die Bänderung verläuft parallel der allgemeinen Streich- und Fallrichtung. Die beiden größeren Erzlinsen bestehen ziemlich gleichmäßig aus Eisenkies mit beigemengtem Kupferkies; letzterer tritt mitunter in Bändern für sich auf. Bemerkenswert ist es, daß in den Ausspitzungen der drei Kiesstöcke ein Substanzwechsel eintritt. Die beiden großen Stöcke werden dort kupferreicher, und äußerst feine Lagen von Zinkblende und Bleiglanz stellen sich ein; ähnliches soll nach Fähndrich für ihre Begrenzungsflächen gelten.

Die Entstehung der Schmöllnitzer Kiesstöcke ist von Steinhausz und dann von Fähndrich erörtert worden. Unter dem Einfluß der Vogtschen Auffassungsweise der Kieslager hat Steinhausz den Schmöllnitzer Lager eine

epigenetische Entstehung zugeschrieben. Er macht darauf aufmerksam, daß in der Nähe der Kiesstöcke an zwei Punkten Eruptivgesteine („Diorit und Diabas“) gefunden worden sind; dieselben stehen nicht im unmittelbaren Kontakt mit den Kieslagern, sondern sind davon 84 bezw. 170 m entfernt. Fähndrich hat sich auf Grund folgender Gesichtspunkte gegen diese Auffassung gewandt:

1. Die Konkordanz zwischen Fahlbändern und Kiesstöcken einerseits und dem Nebengestein andererseits ist eine absolute.
2. Es fehlen den Kiesstöcken tektonische Begrenzungsflächen, Harnische, Nebengesteinsfragmente, Salbänder.
3. Die Struktur ist eine schichtige und ganz verschieden von derjenigen der Gänge; die Kiesmassen wechsellagern mit Tonschieferlagen, welche keine Fragmente sind.

Der Kupfergehalt der Lager ist im Durchschnitt 0,5—2<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, er steigt aber auch bis zu 20<sup>0</sup>/<sub>0</sub> (siehe unten); der Engelbertistock ist arm an Kupfer, enthält indessen etwas Kobalt und Arsen. An nichtmetallischen Mineralien ist Quarz zu nennen, welcher besonders im Hangend- und Liegendstock reichlich, bald durch das Erz verbreitet, bald an ihren Ausspitzungen auftritt und in letzterem Falle den Bergleuten als ein Anzeichen kommender Erzanbrüche gilt.

Von Tag herein sind die Kiesstöcke zu mulmigem Brauneisenerz zersetzt; an Zersetzungsprodukten kommen nach Fähndrich im Alten Mann (verwittertem Bergeversatz) vor: Voltait, Arsenikblüte, Bittersalz, Haarsalz, Schwefel, Kupfer- und Eisenvitriol. Gediegen Kupfer tritt als Seltenheit in den Streichen auf. Auch die Kiesstöcke von Schmöllnitz sind von Gängen durchzogen, auf denen in ähnlicher Weise wie im Rammelsberg am Harz eine jüngere Erzansiedelung stattfand. Nach Fähndrich wären dieselben auf die oberen Teufen beschränkt, 0,04—0,1 m mächtig und führen Quarz, Kalkspat, Baryt, Kupferkies, Buntkupfererz, Bleiglanz, Zinkblende und Umwandlungsprodukte derselben. Als seltene Vorkommnisse innerhalb der Kiesmasse werden von Steinhausz Spateisenstein, Ankerit und Magnetkies erwähnt. Derselbe veröffentlicht auch folgende Durchschnittsanalyse der im April 1896 geförderten Schmöllnitzer Erze:

As . . . . .	0,55	Zn . . . . .	0,37
Sb . . . . .	0,06	Fe . . . . .	45,31
Cu . . . . .	0,46	CaO . . . . .	0,03
Pb . . . . .	0,33	MgO . . . . .	0,05
Bi . . . . .	0,03	S . . . . .	47,89
Ni + Co . . . . .	Spur	Gangart . . . . .	4,89
Mn . . . . .	Spur		

Außerdem enthalten die Erze noch geringe Mengen Silber und Quecksilber. Die erzführende Schieferzone wird von drei Klüften durchsetzt, von denen wenigstens eine, die Schläglergrunderkluft, eine Verwerfung ist. „Bemerkenswert ist, daß die Erzzüge (Streichen) in der Nähe dieser verwerfenden Kluff am reichsten gewesen sein sollen und daß sich der Adel dieser entlang in die Tiefe zog.“ (Steinhausz.)

Der Schmöllnitzer Bergbau stammt aus der Zeit der niedersächsischen und flandrischen Einwanderung im XIII. Jahrhundert. Er verfiel im XVI. und

XVII. Jahrhundert, wurde 1709 größtenteils staatlich und dann zeitweise mit großem Erfolg betrieben. So beschäftigten 1783 die Werke über 700 Arbeiter und erzeugten 5000 Ztr. Kupfer. Bis zum Beginn der 70er Jahre des XIX. Jahrhunderts wurde nur Kupfer, untergeordnet auch Blei, Silber, Kobalt- und Nickel-erz gewonnen.<sup>1)</sup> Viel Kupfer wurde früher und wird noch heute durch Zementation erzeugt. Zu diesem Zwecke wird der alte Bergeversatz künstlich durch Wasser ausgelaugt. Die durch die Oxydation der Kiese entstehende Hitze beträgt 35—50° und führt manchmal sogar zu einer Entzündung der Zimmerung.

Seit 1890 gehört die Grube einer Privatgesellschaft. Der Bergbau ist gegenwärtig fast nur mehr ein Eisenkiesbergbau; der Kies dient der Schwefelsäurefabrikation und ist nach seiner Abröstung ein wertvolles 60—65%iges Eisenerz mit 1—3% Kupfer. Die Kiesproduktion betrug 1890 38388 t, 1894 58610 t, 1896 50000 t. Daneben werden jährlich 30—50 t Zementkupfer gewonnen; von 1840 bis 1868 betrug diese Gewinnung noch jährlich 94 t.

In den östlichen Karpathen sind Kieslagerstätten weithin innerhalb der „Quarzitetage“ der kristallinen Schiefer verbreitet. Die Erze erscheinen gebunden an Chloritschiefer, die in 4—20 m mächtigen Massen samt graphitischen Tonschiefern den Quarzitschiefern eingelagert sind. Nach Walter sollen sich die Vorkommnisse auf eine Entfernung von 190 km im Streichen jener Gesteine verfolgen lassen.<sup>2)</sup> Die in Rede stehenden Erzlagerstätten werden ganz allgemein als „Kieslager“ bezeichnet, und Walter vergleicht sie mit den Lagerstätten von Rösos, Schmöllnitz, Prägratten und den norwegischen Fahlbändern. Aus seinen Beschreibungen aber geht doch hervor, daß dieselben mindestens durch allerlei spätere sekundäre Prozesse zu komplizierteren Gebilden geworden sind, deren genaueres Studium wohl noch aussteht. Mechanische und damit verknüpfte chemische Vorgänge scheinen den ursprünglichen Charakter auch dieser an sehr stark gestörtes Gebirge gebundenen Lagerstätten etwas verwischt zu haben.

Die Lagerstätten sind bekannt unter den Ortsnamen Fundul Moldowi und Pożoritta in der Bukowina und Balán und St. Domokos in Siebenbürgen.

In der Bukowina ist der Chloritschiefer (als Begleiter der Lager „Lagerschiefer“ genannt) weithin fahlbandartig mit Eisen- und manchmal Kupferkies, stellenweise auch mit etwas Magnetkies und Magnetit durchwachsen. Am häufigsten tritt der erstere auch hier wieder in Kristallen als Einsprengling auf. Gesellt sich zum Pyrit Kupferkies, dann entstehen Pocherze mit etwa 1% Kupfer. Der Eisenkies scharft sich mitunter zu 1—4 m mächtigen, kristallinisch körnigen Massen zusammen, die von Kalkspat durchwachsen und von Schnüren dieses Minerals

<sup>1)</sup> Geschichtliches siehe bei Steinhausz.

<sup>2)</sup> von Cotta, Die Erzlagerstätten der südlichen Bukowina; Jahrb. k. k. geol. Reichs-Anst., VI, 1855, 119—122. — Ders., Erzlagerstätten, II, 1861, 280, Lit. — Herbig, Die Urschieferformation der östlichen Karpathen und ihre Erzlagerstätten; Österr. Ztschr. f. Berg- u. Hüttenw., IX, 1861, 218—219. — Paul, Grundzüge der Geologie der Bukowina; Jahrb. k. k. geol. Reichs-Anst., XXVI, 1876, 261—330, Lit. — Walter, Die Erzlagerstätten der südl. Bukowina; ebenda 343—426. — vom Rath, Verh. naturh. Ver. der Rheinl. und Westf., XXXII, 1875, 91—92. — von Hauer und Stache, Geologie Siebenbürgens, 1885, 307—308. — Goebel, Über das Kupferbergwerk Balán; Österr. Ztschr. f. Berg- u. Hüttenw., XXXIII, 1885, Ver. Mitt. 38—39.

durchzogen sind. Parallel zur Schichtung, häufig gebunden an Quarzschmitzen oder dieselbe schräg durchschneidend, findet sich darin der Kupferkies (Schnürl- oder Schiefererze mit bis zu 3% Kupfer). Besonders dort, wo in dem Lagerschiefer reichlich linsenförmige Platten von milchweißem Quarz, manchmal mit etwas Feldspat eingewachsen sind, kommen auch derbere Kupferkiesmittel (Adelserze, Gelfen mit 6—15% Kupfer) in Mächtigkeiten von 0,5—3 m vor. In ihnen sind gleichfalls Schwefelkieskristalle eingebettet; sie umschließen dünne Lagen mit Glimmer und Chlorit und führen Nester und Schnüren mit Magnetkies, Markasit und als Seltenheit auch Fahlerz. Allerlei jüngere Erzgänge durchsetzen auch hier die Lagerstätten. Die letzteren nehmen an allen Krümmungen und Wellungen des Schiefers teil.

Die reichsten Kieslager wurden bei **Fundul Moldowi** und bei **Požoritta** abgebaut. Der eigentliche Erzberg war dort der Gyalu negru, ein 6 km langer Rücken, der ganz von Schürfen und Gruben bedeckt ist. Das Hauptlager war das Dreifaltigkeitslager; es ist gebunden an einen dünn-schieferigen, äußerst zähen, mit Quarz durchwachsenen chloritischen Glimmerschiefer, besitzt im Ausstrich eine Mächtigkeit bis zu 40 m, fällt steil ein und war durch den ganzen Gyalu negru von Požoritta bis nach Fundul Moldowi zu verfolgen. An letzterem Ort hatte man das Lager allein auf der Dreifaltigkeitsgrube in einer streichenden Länge von etwa 1200 m aufgeschlossen. Es war um so reicher, je weniger mächtig es war, und besaß seinen höchsten Adel an Kupfer bei 3—5 m Mächtigkeit; bei 9 m erwies sich das Lager als nicht mehr bauwürdig und schon bei 5—9 m Dicke war es nur mehr ein mit Erzen durchwachsener Chloritschiefer. Nach Walters Mitteilungen hätte sich das Vorkommen als weithin horizontbeständig erwiesen. Im Hangenden ist das Lager in einiger Entfernung von einem schwarzen, oft sehr graphitreichen und bis zu 4 m mächtigen Schiefer begleitet. Außer dem Dreifaltigkeitslager sind noch zwei andere, weniger abbauwürdige Kieshorizonte bekannt.

Der Bergbau von Fundul Moldowi hatte seine höchste Blüte in den Jahren 1830—1850. Seit 1854 sind die zurzeit bekannten reichen Erzmittel erschöpft. Wo die Lagerausstriche zu Brauneisenstein umgewandelt waren, wurden sie als Eisenerz benutzt.

Walter glaubte die erzführenden Chloritschiefer als geologischen Horizont von der Grenze der Moldau durch die Bukowina bis in die ungarische Marmaros, d. s. 70 km, verfolgen zu können und hielt es für sicher, daß auch die Kieslagerstätten von Siebenbürgen in der unmittelbaren Fortsetzung jener Fahlbundzone lägen, d. h. daß die letztere eine Erstreckung von 190 km besäße.

Eine kupfererzführende Chloritschieferzone ist im nordöstlichen Siebenbürgen in der Gegend von **St. Domokos** auf etwa 10 km streichende Länge untersucht worden und mehrfach durch Täler aufgeschlossen. Indessen hat sie sich nur in der Mitte ihrer Erstreckung bei **Balán** in einer Länge von 1000 m (nach Herbich und vom Rath von 1500 m) als abbauwürdig erwiesen. Das Vorkommen besteht aus vier parallelen, durch taube Zwischenmittel getrennten Erzmitteln innerhalb einer 20—40 m mächtigen Chloritschiefermasse; dieser

Hauptlagerzug wird im Liegenden innerhalb einer Zone von 1600 m Breite noch von Schieferlagen begleitet, die abbauwürdige Erze führen. Der Chlorit-schiefer enthält Einlagerungen von Magnetit und Quarz. Die Erze bestehen aus Kupfer- und Schwefelkies mit einem durchschnittlichen Kupfergehalt von  $3\frac{1}{2}\%$  und sind frei von Antimon, Arsen und Wismut; außerdem haben sich auch sekundäre Kupfererze gefunden. Durch künstliche und natürliche Auslaugung der Lagerstätten entstehende Kupfervitriollösungen lieferten um 1861 jährlich 400 Ztr. Zementkupfer. Teils sind die Erze fahlbandartig in das Nebengestein eingesprengt, teils streifenartig eingelagert. Auch im Hangenden der Erzzone von Balán tritt in der Regel eine 4—16 m mächtige Masse eines schwarzen, glänzenden und graphitreichen, kieselschieferähnlichen Gesteines auf; darüber liegen Glimmerschiefer und quarzreiche, feldspatführende Gesteine. Sowohl Herbich, wie Cotta und Walter sind der Meinung, daß die Lagerstätten von Domokos-Balán die unmittelbare Fortsetzung des Vorkommens von Požoritta bilden.

Der Bergbau von Balán reicht zurück bis 1803; von 1838—1857 ergab derselbe Jahreserträge von 957—1581 Ztr. Kupfer, zwischen 1857—1867 stieg die Produktion sogar auf 3171 Ztr. 1891 wurden erzeugt etwa 1900 t Kupfererz mit 1—4,5% Kupfer.<sup>1)</sup>

Einsprengungen von Eisenkies treten nach von Dechen<sup>2)</sup> im Talkschiefer von Rhonau im Kreis Bolkenhayn in Schlesien auf; sie wurden dort im Tagebau gewonnen und fanden Verwendung zur Darstellung von Vitriol, Schwefel und Röteln.

In früherer Zeit waren die Kieslager im Ovoca-Distrikt in der Grafschaft **Wicklow**<sup>3)</sup> in Irland von großer Bedeutung. Die Lagerstätten sind gebunden an metamorphe Schiefer, welche vielleicht silurischen Alters sein dürften und nach Gurlt die größte Ähnlichkeit mit den Schiefen des Trondhjemkiesfeldes in Norwegen besitzen sollen; erstere Gesteine sind Tonschiefer von grünlich-grauer Farbe, wechsellagern häufig mit Hornblende- und Talkschiefern und mit feldspatreichen Gesteinen, über deren Natur keine völlige Klarheit herrscht. Die Schichten werden von Pyroxengesteinen konkordant durchlagert, oder solche treten darin gangförmig auf.

Die Erze finden sich in einer Schieferzone, welche am SO.-Abhang des 926 m hohen Lugnaquillaberges mit ONO.-Streichen die Täler des Aughrim- und Ovoca-Flusses, etwa 50 km südlich von Dublin, durchschneidet und in einer Ausdehnung von fast 15 km bis nahe an die See reicht. Dabei hat diese Erzzone nur wenige hundert Fuß Durchmesser. Die Schiefer sind innig durch-

<sup>1)</sup> Berg- u. Hüttenm. Ztg., LIII, 1894, 399.

<sup>2)</sup> Nutzbare Mineralien und Gebirgsarten im Deutschen Reiche, 1873, 680. — von Festenberg-Packisch, Der metallische Bergbau Niederschlesiens, 1881, 25. — von Cotta, Erzlagerstätten, II, 1861, 233. — Gürich, Geologischer Führer in das Riesengebirge, 1900, 107.

<sup>3)</sup> Gurlt, Der Schwefelkiesbergbau in der Grafschaft Wicklow in Irland; Berg- u. Hüttenm. Ztg., XVII, 1858, 6—7, 23—25, 30—32, 40, Lit. — von Cotta, Erzlagerstätten, II, 1861, 504—505, Lit. — Phillips-Louis, Ore deposits, 1896, 306—310.

wachsen mit Schwefel- und Kupferkies und nehmen infolgedessen bei der Verwitterung eine rostbraune Färbung an.

Stellenweise werden aus diesen kiesführenden Schiefeln massige Erzlager, „die den Gebirgsschichten parallel fallen und streichen und als große linsenförmige Stöcke anzusehen sind, die sich früher oder später nach dem Streichen sowohl wie nach dem Fallen ausspitzen“. Gurlt erwähnt zehn Gruben, welche auf solchen Kieslagern bauten. Die bedeutendste Lagerstätte ist ein Schwefelkieslager, der Sulphur-course, der sich mit wechselnder Mächtigkeit in einer Gesamtlänge von über 5,5 km erstreckt, in seinem Verlauf allerdings durch eine Reihe von Parallelstörungen eine SW.-Verwerfung um 300 m erfährt. Das Erz dieses Lagers ist fast reiner Schwefelkies, in welchen sich nur stellenweise Schmitzen von Kupferkies einlagern, während er im Hangenden und Liegenden unter Aufnahme von Nebengesteinselementen in den Schiefer übergeht. Zu Tage hatte das Lager eine Mächtigkeit bis zu 16 m, in der Teufe von 70 m eine solche von über 20 m; sie betrug auf der Cronebane-Grube 150 m unter Tage nur noch 12 m, wo dann die Linse durch eine Blattverschiebung abgeschnitten wurde. Der Abbau ist nur bis zu einer Teufe von etwa 180 m vorgedrungen, ohne daß man über die weitere Gestaltung und den Verbleib des Lagers Klarheit erhalten hätte.

Der Sulphur-course trägt einen eisernen Hut, der zeitweise als Eisenerz abgebaut worden ist und in welchem sich Arsenfahlerz und Schwarzkupfererz in Schmitzen und Nestern vorfinden. Auf der Connoree-Grube soll er bis zur Teufe von 70 m aus tonigen Massen („flucan“) und einem reichen Gemenge von Kupferglanz und Kupferschwärze bestanden und daneben silber- und goldhaltige Verwitterungsprodukte von Pyrit geführt haben. Der Kupfergehalt des Schwefelkieses beträgt  $\frac{1}{8}$ — $1\frac{1}{2}$  ‰, stellenweise auch 2 ‰. Doch hat der Sulphur-course stets in erster Linie als eine Schwefelkieslagerstätte gegolten.

Im südlichen Hangenden dieses Hauptlagers kommen kupferreichere Kieslinsen von geringer Ausdehnung vor; man hat deren auf einem hangenden Querschlag von etwa 40 m Länge nicht weniger als sieben überfahren. Dieselben werden von geringmächtigen Klüften durchsetzt, welche in der Nähe der Kieslinsen Erze führen, die kupferreicher sind als die letzteren. Größere Kieslager treten im übrigen sowohl im Liegenden wie im Hangenden des Hauptlagers auf. So ist südlich des letzteren in früherer Zeit auch auf den westlicher gelegenen Minen ein Kupfererzlager, 20 m vom Hangenden der Hauptlagerstätte entfernt, abgebaut worden und war stellenweise bis zur Aufnahme der Schwefelkiesgewinnung der einzige Gegenstand des Bergbaues. Dieses Lager, der Main copper lode, vereinigte sich mit dem Hauptlager, und der derbe Kupferkies soll an der Vereinigung eine Mächtigkeit von 8 m besessen haben. Da sich an jener Stelle noch weitere untergeordnetere Linsen einstellten, so schwoll die Gesamtmächtigkeit der gleichzeitig gewinnbaren Kiesmassen auf 20 m an. Der kolossalste Kiesstock des ganzen Bezirks war das in den 50er Jahren des vorigen Jahrhunderts auf der Grube Unter-Ballygahan entdeckte große Nordlager, 240 m nördlich vom Sulphurcourse und 30 m mächtig. Es bestand aus kupferarmem Schwefelkies, der von Tag herein bis zu 40—60 m Teufe zu Brauneisen-

stein verwittert war. Anderwärts in der Nachbarschaft hat man auch von Kupferkies begleitete Magnetkiese neben Pyriten erschlossen.

Sicherlich haben die Kieslagerstätten von Wicklow zu den gewaltigsten ihrer Art gehört. Vor dem Jahre 1839 wurden dort nur Kupfererze gewonnen. Als Ende der dreißiger Jahre die Regierung des Königreichs Sizilien die Ausfuhr von Schwefel mit einem hohen Zoll belegte und die lohnende Herstellung der Schwefelsäure in Frage gestellt und damit die englische Sodafabrikation bedroht wurde, begann man hier, wie auch anderwärts in Europa, die Pyritlager als Schwefelerze abzubauen, und der Bergbau in Wicklow nahm einen großen Aufschwung. Schon 1840 erzeugten die vier Hauptgruben (Cronebane, Connoree, Ballymurtagh und Ballygahan) 40176 t Schwefelkies neben 11429 t Kupfererzen; anfangs der 50er Jahre betrug die Produktion an ersterem etwa 100 000 t, während die Kupfererzgewinnung auf etwa 2000 t gesunken war. Indessen sind die Lagerstätten schon jetzt ihrer Erschöpfung nahe; denn 1894 lieferte der Ovoca-Distrikt nur noch etwa 3800 t Pyrite, und der Kupferbergbau hat überhaupt ganz aufgehört, nachdem schon im Jahre 1880 die Erzeugung von Kupfer nur noch 100 t betragen hatte. Wie auf Anglesea, so wird auch hier noch etwas Zementkupfer gewonnen. Ziemlich alle Kiese von Wicklow enthalten etwas Gold, Silber, Nickel und Kobalt.

Die Kieslagerstätten des Ovoca-Distrikts zeigen in ihrer großen Mächtigkeit, ihrer gewaltigen Ausdehnung im Streichen, in ihrem Verhältnis zum Nebengestein, in welches sie übergehen, in ihrer linsenförmigen Gestalt und ihrer Endenschaft, in ihrer Mineralführung, die nach allen Mitteilungen höchst einförmig ist, alle Eigentümlichkeiten echter Kieslager, wie sie in diesem Abschnitt besprochen wurden und noch besprochen werden sollen. Nach allen älteren Angaben liegen dieselben im großen ganzen konkordant zwischen den Schiefen und sie sind deshalb auch von v. Cotta und v. Groddeck für echte Lager analog denen von Goslar, Rio Tinto und Agordo gehalten worden. Sie mögen deshalb auch hier ihren Platz behalten, wenn auch nicht unerwähnt bleiben darf, daß Phillips-Louis mit Argall<sup>1)</sup> zwar eine Parallellagerung im allgemeinen zugeben, indessen darauf bestehen, daß die Lagerstätten die Schichten doch unter einem sehr spitzen Winkel durchsetzen. Jedenfalls empfiehlt es sich auch hier, solche Diskordanzen neuerdings auch auf ihre Ursachen zu prüfen, bevor man diese Lagerstätten als Gänge betrachtet.

Das Kupfererzvorkommen von Chessy<sup>2)</sup> westlich von Lyon ist zweierlei Art: einerseits handelt es sich um Kieslager in kristallinen Gesteinen, andererseits und im Zusammenhang damit um ein reichliches Auftreten sekundärer, verlagertes Kupfererze längs einer in der Nachbarschaft jener verlaufenden Störungszone. Das Nebengestein der Kieslager wird verschieden bezeichnet, die alten Autoren

<sup>1)</sup> Notes on the ancient and recent mining operations in the East Ovoca District; Proc. Roy. Dublin Soc., II, 1880, 211; zitiert von Phillips-Louis.

<sup>2)</sup> Raby, Sur le gisement des divers minerais de cuivre de Sain-Bel et de Chessy (Rhône); Ann. d. Mines (3), IV, 1833, 393—407. — Thibaud, Analyse de quelques minerais et produits de la fonderie de Chessy; ebenda (1), V, 1820, 519—521. — Cordier, Sur les cristaux de cuivre carbonaté; ebenda (1), IV, 1819, 3—20. Über die Kupferlasur von Chessy und deren Vorkommen handeln 16—20. — de Launay, Die Schwefelkieslagerstätte von Sain-Bel (Rhône); Ztschr. f. prakt. Geol., 1901, 161—170.

nannten es Hornstein oder Aphanit, de Launay nennt es neuerdings Augit- und Hornblendeschiefer von praecambrischem Alter. Die Schiefer streichen ungefähr SW.—NO. und fallen sehr steil gegen SO. ein. Gegen diese kristalline Gebirgsmasse lehnt sich das Mesozoicum an (Fig. 71 u. 72).

In den Grünschiefern lag ein Kieslager. Dasselbe war ein Kiesstock („mine jaune“), dessen Erz bald aus kupferarmem Schwefelkies, bald aus einer Mischung von solchem mit Kupferkies bestand und in letzterem Fall 15—20% Kupfer und stets etwas Zink enthielt. Die platte Erzlinse lag parallel gelagert zwischen den Schichten, reichte bis wenige Meter unter Tage und war bis zu 200 m Tiefe zu verfolgen. Ihre größte Mächtigkeit betrug in 20 m Tiefe etwa 15 m, dabei ihre streichende Ausdehnung 120 m. Die Kiesmasse ging allmählich in das Nebengestein über, und Raby schloß schon im Jahre 1833, daß das Lager gleichalterig mit dem letzteren sein müsse.

An die alten Schiefer lehnen sich mit einer 55° betragenden, mit der Entfernung flacher werdenden Neigung die

Schichten des Rhäts und des Lias an. Zwischen den beiden

letzteren und den ersteren fand sich eine Zone eines grauweißen, kurz- und dickschieferigen Gesteines von 20 m Mächtigkeit, welches nach Rabys Beschreibung offenbar als ein stark zersetzter Schiefer anzusehen ist und auch von v. Cotta als ein solcher betrachtet wurde. Es

geht allmählich in den unzersetzten Schiefer (Rabys Aphanit) über. In diesem Gestein kommen Erzkörper vor, welche so wie die mine jaune demselben eingelagert sind und wie das umgebende Gestein eine sehr starke Umwandlung erfahren haben;

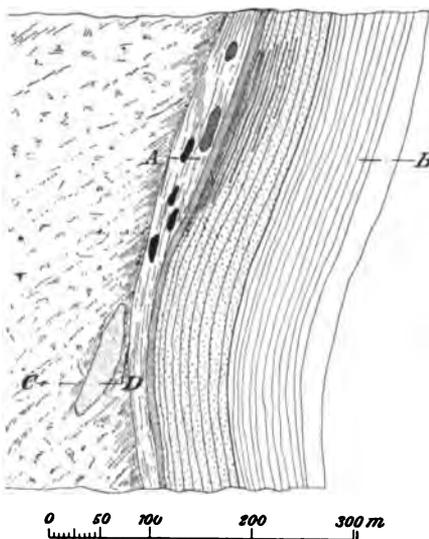


Fig. 71. Grundriß des Erzvorkommens von Chessy. (Raby, 1833.) Ein Vergleich mit Fig. 72 gibt die Erläuterung.

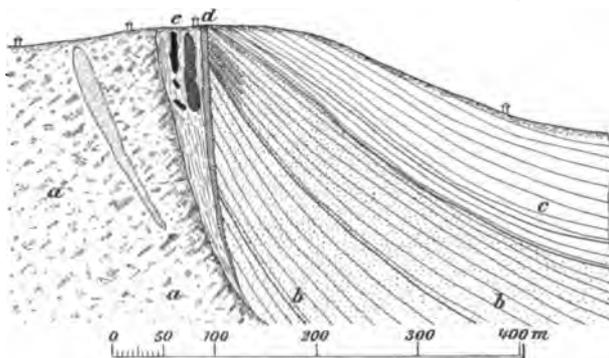


Fig. 72. Profil durch das Erzvorkommen von Chessy nach den Linien AB, CD der Fig. 71. a Augit-Hornblendeschiefer; b Rhät; c unterer Lias; d roter Ton mit Rotkupfererz (Mine rouge), rechts davon die Absätze von Kupferkarbonaten längs Schichtflächen (Mine bleue); e umgewandelte Schieferzone mit Einlagerungen von teilweise zersetzten und oxydierten Kieseln. In a liegt das große kupferführende Schwefelkieslager. (Raby, 1833 und de Launay, 1901.)

sie bestehen aus Schwefel- und Kupferkies in inniger Mischung mit Schwarzkupfererz („deutoxide de cuivre“) und mit etwas Baryt. Thibaud berechnete für diese „mine noire“: 2,60 Baryt, 12,00 Kupferoxyd, 56,35 Kupferkies, 26,01 Schwefelkies, 4,04 flüchtige Substanzen. In der gleichen Zone war der Schiefer auch mit Schwefelkies, Kupferglanz und Schwarzkupfererz durchwachsen („mine grise“) und wurde als Kupfererz abgebaut. Oberflächlich waren diese Massen bis zu einer Tiefe von 2 m von Brauneisen vertreten, welches als Eisenerz benutzt werden konnte.

Zwischen dem Rhät und dem zersetzten Schiefer wurde eine 2—4 m mächtige, nach der Tiefe zu sich auskeilende, scheinbar aus Reibungsprodukten bestehende und vorzugsweise mit Rotkupfererz imprägnierte Zone abgebaut. Diese Masse war zusammengesetzt aus Ton mit eckigen Stücken von Quarz und Schiefer; sie führte die berühmten Kristalle von Rotkupfererz und etwas gediegen Kupfer („mine rouge“). Eine weitere Zone sekundärer Erze bildeten endlich zahlreiche, den Schichtflächen des Rhäts parallel verlaufende Gänge und Imprägnationen von Kupferkarbonat, besonders mit prachtvoll kristallisierter Kupferlasur. Dieselben erreichten bis zu 0,5 m Mächtigkeit und eine horizontale Erstreckung von 150 m, waren aber nur bis zu 40 m weit im Einfallen zu verfolgen. Diese Imprägnationszone („mine bleue“) ist mineralogisch nicht scharf zu trennen von der mine rouge. Sie begleitet die letztere im Ausstrich 400 m weit in einer Breite von 20 m.<sup>1)</sup> Neben dem Kupferkarbonat enthielt die mine bleue auch viel Galmei.

Schon Raby hat die Entstehungsweise der Kupfererzlagerstätten von Chessy naturgemäß erklärt. Das Kieslager ist gleich alt mit dem umgebenden Gestein, ebenso ist die mine noire nur ein teilweise umgewandeltes Kupfererzlager im Schiefer. Alles andere ist durch Verlagerung daraus hervorgegangen. Die Verwitterung und die Verlagerung haben längs einer jüngeren Störung stattgefunden.

Der Hauptkiesstock von Chessy war schon im Jahre 1833 abgebaut; damals ging der Bergbau in den sekundären Erzmassen um und ruht jetzt völlig.

Als einheimisches Rohmaterial für die französische Schwefelsäurefabrikation sind die Kiese der unweit südlich von Chessy gelegenen Lagerstätten von **Sain-Bel**<sup>2)</sup> von großer Bedeutung.

Die Kieslager sind eingebettet in Chloritschiefer und in weiße Schiefer, welche de Launay mit Talkschiefern vergleicht; stellenweise enthalten die

1) \* Trotzdem der Sandstein der Imprägnation sehr günstig sein mußte und trotzdem die Imprägnation von einer sehr kupfererzreichen Gangbildung ausging, ist diese Breite eine nur ganz geringe und die Imprägnation nur innerhalb derselben eine allerdings sehr intensive gewesen. Das erzführende Rhät von Chessy dürfte also keinesfalls mit dem Sandstein von St. Avold, Mechernich oder dem Silver Reef verglichen werden, wo erzführende Klüfte ganz untergeordnet sind, die Imprägnation des Sandsteins eine weite und allgemeine ist. \*

2) de Launay l. c.

letzteren Einlagerungen von dichten Hornblende- und Augitschiefern. Sie ruhen vollkommen konkordant in dem Nebengestein, und die derben Kiesmassen sind, wie man das auch anderswo beobachtet, durch glatte Flächen von diesem getrennt. Der Schiefer enthält aber gleichwohl noch im Liegenden und Hangenden Kiese eingesprengt, und diese fahlbandartigen Durchwachsungen lassen sich bis auf 2 m von den Lagerstätten verfolgen. Die Lager stehen seiger oder fast seiger. Die in den Erzmassen vorhandenen Metalle sind: Eisen (als Schwefel- und Magnetkies), Kupfer, Zink, Blei, Nickel und ein wenig Gold und Silber.

In dem etwa 1500 m langen Grubenfeld baut man auf einem ungefähr NS. streichenden, gegen Osten schwach gebogenen Zug von zahlreichen Kieslinsen; besonders im nördlichen Teil liegen mehrere solcher (drei bis vier) in verschiedenen Horizonten hintereinander, während sich im übrigen die Lager von N. nach S. ungefähr im Streichen zu folgen scheinen.

Erze sind vor allem Schwefelkies, Kupferkies und Blende. Der erstere herrscht bei weitem vor und tritt manchmal in reinen Massen von enormen Dimensionen für sich auf; Blende bricht besonders im nördlichen Feld in kleinen Erzkörpern ein. Im Nordfeld kennt man hauptsächlich zwei Kieslager, die durch ein 6 m mächtiges Mittel getrennt sind, und eine dritte große, merkwürdig gestaltete Kiesmasse; von den beiden ersteren hat die westliche 2,5—6, stellenweise auch 7—8 m Mächtigkeit, ist 360 m weit im Streichen verfolgt und führt lokal eine 1,5—2 m mächtige kupferhaltige Einlagerung; die andere, von 1—3 m Mächtigkeit, ist im allgemeinen kupferhaltig (bis 7<sup>0</sup>/<sub>0</sub>), wird aber stellenweise kupferfrei. Die große Kieslinse, die masse du pionnier, welche wie die vorigen bis 1872 abgebaut wurde, ist wegen ihrer Gestalt merkwürdig. Bis zur Teufe von 70 m hatte man eine aus drei schmalen Erzstreifen bestehende, 225 m im Streichen weit verfolgte Einlagerung, dann eine 28 m dicke Schwefelkiesmasse, an deren Stelle bei 136 m und in größerer Teufe wieder drei parallele Erzlager angetroffen wurden.

Im Südfeld bildet der Grand filon<sup>1)</sup> die hauptsächlichste Kiesmasse des Gebietes und eine der gewaltigsten bekannten überhaupt. Das Lager ist 600 m lang, im Ausstrich nur wenig mächtig, kaum erkennbar, erreicht aber schon bei 30 m Teufe eine Dicke von 14—18 m, bei 60 m eine solche von 20—25 m und bei 166 m eine Mächtigkeit von 18—44 m. Der Querschnitt der Masse beträgt 12000 qm. Sie besteht aus dichtem, reinem, nicht geschichtetem Pyrit. Das Südfeld liefert nach de Launay jährlich 320000 t Schwefelkies; die Erzlinsen in demselben streichen überhaupt nicht oder kaum erkennbar zu Tage aus.

Eruptivgesteine fehlen in dem Gebiete. Mit den Kieslagern kommen Hornblendeschiefer („cornes vertes“ vor.<sup>2)</sup> de Launay möchte die Kieslinsen von Sain-Bel mit Lakkolithen vergleichen.

<sup>1)</sup> Die Lager werden von de Launay als filons bezeichnet.

<sup>2)</sup> In de Launays Aufsatz heißt es, die Kieslinsen seien „oft mit Hornblendeschiefern vermischt“.

## Die norwegischen Kieslager.

## Literatur.

- Hausmann, Reise in Skandinavien in den Jahren 1806—1807, V, 1818, 264—278.
- Durocher, Observations sur les gîtes métallifères de la Suède, de la Norwège et de la Finlande; Ann. d. mines (4), XV, 1849, 277—290.
- Duchanoy, Sur les gisements des minerais de cuivre et leur traitement métallurgique dans le centre de la Norwège; Ann. d. mines (5), Mém., V, 1854, 181—243.
- Helland, Forekomster af kise i visse skiferne i Norge. Udgivet som Universitetsprogram. Christiania 1873; mit engl. Résumé.
- Mosler, Mitteilungen über Bergbau und Hüttenbetrieb in Norwegen und Schweden; Ztschr. f. Berg-, Hütten- u. Sal.-Wes., XIV, 1866, 84—103.
- Kjerulf, Udsigt over det sydlige Norges Geologi, 1879. Deutsche Übersetzung von Gurlt, 1880, 301—310, 317—323.
- Reusch, Der Gebirgsbau bei der Kupfergrube Viksnaes auf Karmø; Nyt Mag. f. Naturw., Kristiania, XXVIII, 1883, 89—104; Ref. N. Jahrb., 1884, II, — 345 —. Ders., Bömmeløen og Karmøen med omgivelser, Kristiania 1888, 324 ff; Ref. N. Jahrb., 1890, I, — 77 —.
- Nettekoven, Mitteilungen über einen Besuch des Erzrevieres von Røros in Norwegen im September 1884; Ztschr. f. Berg-, Hütten- u. Sal.-Wes., XXXIII, 1885, 79—87, Lit.
- Vogt, Norske Ertsforekomster, 2. Reihe, VI, 1887 (Über das Varaldsoer Kieslager, 41—52). 3. Reihe, VII, 1889 (Foldalens Kiesfeld), Lit. — Ders., Salten og Ranen, 1890, Lit. — Ders., Über die Kieslagerstätten vom Typus Røros, Vignäs, Sulitelma in Norwegen und Rammelsberg in Deutschland; Ztschr. f. prakt. Geologie, 1894, 41—50, 117—134, 173—181, Lit. — Ders., Problems in the geology of oredeposits; Transact. Am. Inst. Min. Eng. XXXI, 1902, 125—169. — Ders., Über den Export von Schwefelkies und Eisenerz aus norwegischen Häfen; Ztschr. f. prakt. Geol., XII, 1904, 1—6.
- Stelzner, Die Sulitjelma-Gruben, Freiberg 1891, Lit.
- Sjögren, Nya bidrag till Sulitjelma-kisernas geologi. Mit 7 Tafeln; Geol. Foren. i Stockholm Förh., XVII, 1895, 189—210; Ref. N. Jahrb., 1897, II, — 88 —. — Ders., Om Sulitelmakisernas geologi; ebenda XVI, 1894, 394—437. — Ders., Om Sulitjelma-området bergarter och tektonik; ebenda XVIII, 1896, 346—376. — Ders., Öfversigt af Sulitjelma-områdets geologi; ebenda XXII, 1900, 437—462. Mit geol. Karte.
- O. Nordenskjöld, Om Bossmo grufvorns geologi; ebenda XVII, 1895, 523—541.
- Glinz, Reisebericht über eine Studienreise durch die wichtigsten Erzgebiete Skandinaviens; Berg- u. Hüttenm. Ztg., LXI, 1902, 32—33 (Technisches).
- Everding, Reisebericht über eine Studienreise durch die wichtigsten Erzgebiete Skandinaviens; ebenda LXII, 1903, 3—10, 17—20 (Bergmännisches und Geologisches).

Eine große Zahl von Kieslagern und damit im Zusammenhang stehenden Fahlbandzonen ist in Norwegen bekannt. Sie bilden einen gut gekennzeichneten Typus von Lagerstätten, der nach Vogt in sehr vieler Beziehung dem Kieslager des Rammelsbergs im Harze gleicht. Sie sind verschieden von scheinbar fast sämtlichen schwedischen Kieslagern, vor allem aber von denjenigen des Typus Bersbo, Åtvidaberg und Långfalls und von dem Vorkommen von Falun. Soweit ein Überblick möglich ist, gelangt auch darin eine Zusammengehörigkeit derselben zum Ausdruck, daß sie alle der großen cambrisch-silurischen Masse angehören, welche von einem alten, westlich gelegenen Faltengebirge her über die archaischen,

algonkischen, cambrischen und silurischen Gebilde Skandinaviens weggeschoben ist und jenen in größeren und kleineren Schollen aufruhend teilweise gewaltige Gebiete Norwegens bedeckt.<sup>1)</sup>

Nach Vogt hat man in Norwegen vier verschiedene Distrikte mit solchen Kieslagern zu unterscheiden: I. Das Vigsnäs-Varaldsö-Feld ( $59\frac{1}{8}$ — $60\frac{1}{6}$ ° n. Br., südlich von Bergen) mit den Vorkommnissen auf Karmö, Bömmelö, Stordö, Tysnaesö usw. II. Das Grimeli-Feld ( $61\frac{1}{8}$ ° n. Br.) mit der Grimeli-Grube. III. Das Trondhjem-Feld ( $62$ — $64$ ° n. Br.) mit den Gruben bei Foldal, Tronfjeld, Tolgen, Os, Rörös, Killingdal, Kjöli, Undal, Lillefjeld, Meraker, Ytterö. IV. Das Sulitelma-Feld,  $67\frac{1}{4}$ ° n. Br., die Bossmo-Grube,  $66\frac{1}{8}$ ° n. Br.

Allgemein treten die Erze auf in regional metamorphen Schiefen verschiedener Art, in wenig umgewandelten Tonschiefern, Tonglimmerschiefern, Phylliten, Garbenschiefern, vor allem aber in Chlorit- und Glimmerschiefern, Quarzschiefern, Hornblendeschiefern usw., endlich auch in jüngeren Gneisen. Sie sind im allgemeinen an keinen Gesteinstypus unter den Schiefen unmittelbar gebunden. Die Haupterze dieser Lagerstätten sind Kupferkies und Schwefelkies.

Kupferkies, das technisch wichtigere Erz, ist manchmal vorwiegend, manchmal nur nebensächlich vorhanden; im allgemeinen aber überwiegt der Schwefelkies. Auf den Gruben des Sulitelma-Gebiets, zu Rörös und Foldal bildet er z. T. kristalline, locker zusammenhängende und zu Grus zerfallende Massen; auf den ersteren kommen inmitten des derben Kupferkieses durch den Gebirgsdruck stark verschobene und kantengerundete Würfel von mehr als 1 cm Seitenlänge vor. Wo Eisen- und Kupferkies zusammen auftreten, ist ersterer, einer allgemein geltenden Regel entsprechend, in letzteren eingebettet. Der Pyrit enthält am Sulitelma Spuren von Silber. Im übrigen ist eher der Kupferkies der Träger des Silbers, wie sich aus Untersuchungen desjenigen von den Sulitelma-Gruben ergab; dort enthält der reine Kupferkies von Mons Peter 110 g Silber in der Tonne und eine Spur Gold. Der Pyrit ist manchmal etwas kobalthaltig.

Magnetkies ist häufig und vertritt den Schwefelkies manchmal (z. B. auf der Muggrube zu Rörös) fast ganz. Er ist oft unmagnetisch und enthält auf diesen Lagerstätten nur ganz schwache Mengen von Kobalt und Nickel, ist aber auch, z. B. auf dem Helsingborg-Stollen der Sulitelmagruben, mitunter ganz frei davon. Arsenkies mit Kobaltgehalt (Danait) ist sehr selten gefunden worden; der von der Förstergrube am Sulitelma enthält 6,81% Kobalt. Zinkblende ist weit verbreitet, aber ohne praktischen Wert; Bleiglanz ist gewöhnlich untergeordnet; ob er stets zu den eigentlichen Lagererzen gehört oder später eingewandert ist, steht noch dahin. Dasselbe gilt auch für Fahlerz, welches samt silberhaltigem Bleiglanz zu Flöttum bei Rörös bekannt ist.

„Magnetit fehlt bei den meisten Vorkommen vollständig oder tritt nur in ganz verschwindender Menge auf (in kleinen, schön entwickelten Oktaedern, in irgend einem Sulfidmineral eingebettet liegend); an ganz vereinzelt stehenden Vorkommen findet er sich aber reichlicher, und ausnahmsweise kann man einen

<sup>1)</sup> Siehe die besonders auf Törnebohms Untersuchungen fußende Darstellung in Sueß, *Antlitz der Erde*, III, 1901, 486—493; darin zahlreiche Literaturnachweise.

schrittweisen Übergang verfolgen von magnetitfreien Kiesvorkommen zu solchen mit stetig wachsender Magnetitbeimischung (Grönskar-, Kjöli- und Guldal-Gruben in dem Trondhjem-Distrikt), bis endlich der Magnetit vorherrscht (Jernsmauget in dem Vignäs-Varaldsö-Feld, verschiedene Gruben, die teils auf Kupfer-, teils auf Eisenerz betrieben worden sind, in Ljusnedal in Herjedalen, östlich von Röros). — Eisenglanz tritt noch mehr zurück als Magnetit“ (Vogt). In manchen Lagerstätten soll sich auch Molybdänglanz gefunden haben. Nur untergeordnet ist Buntkupfererz.

Als Lagerarten finden sich: Quarz manchmal zwischen den Pyritkörnern, auch in derberen Massen. Strahlstein, bis zentimeterlange Nadeln inmitten des körnigen Kieses (Sulitelmagruben, Vignäs usw.). Diopsid ist selten; Chlorit und Glimmer, letzterer im Mons Peter (Sulitelma) in zentimetergroßen Blättern; Granat, reichlich sowohl in den den Kieskörpern benachbarten Schiefen wie auch in Kristallen innerhalb der ersteren (dann gern doppelbrechend, z. B. zu Vignäs). Orthoklas-, Mikroklin- und Albitkristalle sind innerhalb des Kieses selten angetroffen worden. Epidot und Zoisit kommen kristallisiert in den Kiesmassen von Mons Peter vor, desgleichen Titanit; kleine Turmalinkristalle umschließt der Kies von Vignäs.<sup>1)</sup> Kalkspat, sowohl primärer wie sekundärer Entstehung, ist weit verbreitet.

Die Kieslager sind im großen ganzen als solche, wie von allen Seiten zugegeben wird, konkordant zwischen die Schiefer eingelagert, und wer dazu neigt, dieselben für schichtige Lagerstätten zu halten, wird zunächst die auftretenden Diskordanzen auf spätere tektonische Vorgänge zurückführen dürfen, welche, wie gleichfalls feststeht, an der heutigen Gestaltung der Lagerstätten hervorragend beteiligt waren. Ihre Form ist denn auch eine wechselnde und mitunter höchst eigenartig. Die Mächtigkeit des reinen Kieses beträgt gewöhnlich nur wenige Meter; im allgemeinen sind die Lager linsenförmig, häufig aber sind es „Lineale“ (nach Kjerulf und Hansteen), d. s. Erzmassen von ziemlich geringer Mächtigkeit und Breite und z. T. kolossalen Erstreckungen im Einfallen, seltener im Streichen. Nachstehende Tabelle gibt Beispiele:

	In der Hauptausdehnung	Recht- winkelig dazu	Durch- schnittliche Mächtigkeit	Größe beobachtete Mächtigkeit
Varaldsö . . . . .	220 m im Streichen	120 m	4 m	9 m
Foldalen . . . . .	800—1000 m im Str.	175 „	4 „	14 „
Röros, Mugggrube . . .	1050 m im Fallen	100—150 m	1 „	5 „
„ Storsvartsgrube . . .	1300 „ „ „	150—350 „	2 „	5 „
„ Kongensgrube . . .	1900 „ „ „	100 m	2 „	8 „
Ytterö, Storggrube . . .	320 „ „ Streichen	80 „	8 „	13 „
Guldgrube zu Vignäs:				
a) . . . . .	34 „	12 „		8 „
b) . . . . .	14 „	5,5 m		6,5 m.

<sup>1)</sup> Eine spezielle Übersicht über die Erzbeschaffenheit der verschiedenen norwegischen Gruben gibt Vogt, Ztschr. f. pr. Geol., 1894, 48—49.

Zu Vignäs sind „innerhalb eines Areals von 400—500 m Länge und 150 bis 250 m Breite mindestens sieben ziemlich steil stehende Kiesstöcke, unter denen jeder der größeren in mehreren hundert Meter Tiefe bei einer Breite von 30—40 m bis höchstens 80 m und einer Mächtigkeit bis zu etwa 20 m verfolgt worden ist; die ganze Grube ist jetzt bis zu ca. 735 m Tiefe abgebaut worden“ (Vogt).

Die Erzmassen zeigen, entsprechend ihrer dem Nebengestein parallelen Lagerung, genau die gleiche, bis ins kleinste gehende Fältelung und Biegung der Schichten, die besonders dadurch deutlich zutage tritt, daß in das Erz Bänder von analoger oder ähnlicher Beschaffenheit wie das Nebengestein eingelagert sind. Dieselben sind z. B. in den Sulitelmagruben Quarzit, Granulit, Glimmerschiefer, Strahlsteinschiefer und Chloritschiefer, welche auch als bankförmige Zwischenschichten im Glimmerschiefer auftreten. Sie pflegen inmitten

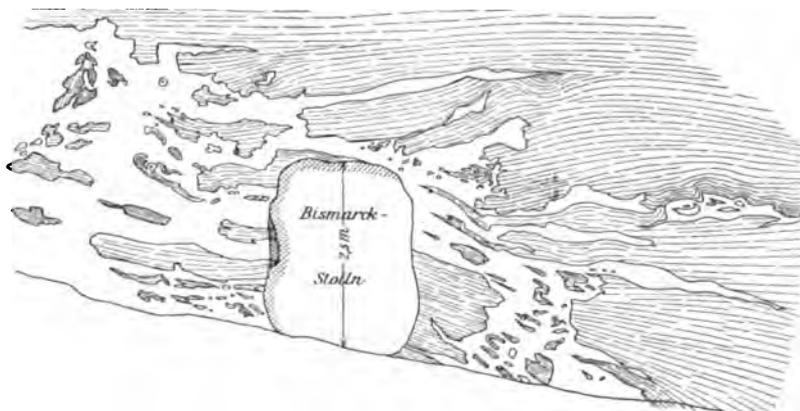


Fig. 73. Ausgehendes des Kieslagers Mons Peter am Sulitelma. Weiß der Kies, schraffiert der anstehende Chlorit-Amphibolschiefer und dessen Bruchstücke. Zeigt die Ineinanderpressung von Schiefer und Kies. Die dadurch in letzterem erzeugten Erscheinungen sind nicht angedeutet. (Hj. Sjögren, 1895.)

der Erzlagerstätten von Schwefelkieskristallen durchwachsen zu sein. „Weitere sehr eigenartige Lagergesteine, welche ich zu Mons Peter und Furuhaugen (Sulitelma) sah, nehmen eine Mittelstellung zwischen den (vorher beschriebenen) Gesteinen und Erzen ein; es sind dies mittel- bis grobkörnige Aggregate, die teils aus Eisenkies, Magnetkies, Kupferkies und etwas Zinkblende bestehen, anderenteils aus Quarz, Aktinolith oder gemeiner Hornblende, Glimmer und Chlorit. Das Mikroskop läßt außerdem noch einzelne Körner und Nadeln von Feldspat (Plagioklas), Epidot, Rutil, Titanit und Magnetit erkennen, und zu alledem kommt wohl noch etwas Kalkspat. Dabei ist es nun im höchsten Grade beachtenswert, daß alle diese verschiedenen Erze, Silikate und sonstigen Mineralien — abgesehen von dem Kalkspat, der wohl ein jüngerer Ansiedler ist — in solcher Weise miteinander gemengt und verwachsen sind, daß man sie nur für gleichalte Gebilde halten kann“ (Stelzner).

Wie schon lange bekannt ist und wie schon Helland, Nettekoven, Witt, später dann Vogt und Sjögren betonten, Stelzner beobachtete, und

sich leicht an Erzstufen jener Kiesmassen erkennen läßt, zeigen die letzteren nicht selten eine Gabelung, die sich nicht immer als eine primäre Ablagerungserscheinung deuten läßt; kleine Überschneidungen setzen in das Nebengestein hinein, und außerdem ist der Kupferkies manchmal ganz erfüllt von gebogenen Stücken des Nebengesteines (Fig. 73). Diese Erscheinungen sind vielfach als Beweise für eine epigenetische Entstehung der Kieslager aufgefaßt worden, und es soll alsbald auf dieselben näher eingegangen werden. Die Lager keilen sich entweder gänzlich aus und der Erzgehalt verliert sich, oder sie stehen im Streichen durch Imprägnationszonen miteinander in Verbindung.

Auch für die Entstehungsweise dieser Erzlagerstätten sind wohl alle möglichen Erklärungsversuche unternommen worden. Man hat sie für Gänge, Sublimationen, für eruptive Intrusionen und für sedimentären Ursprungs gehalten.

Schon 1854 hatte Duchanoy die Kieslager von Rörös als Injektionen erklärt, die im Zusammenhang mit den Eruptivgesteinen der Umgebung ständen;

er nennt als solche Serpentine mit Chromit und Norit. In ähnlicher Weise hat auch Kjerulf die Lagerstätten in Beziehungen zu Eruptivgesteinen gebracht, „nur machte er sich der Inkonsequenz schuldig, daß er an verschiedenen Gruben, in deren Nähe s. Zt. der Gabbro nicht oder noch nicht nachgewiesen war, eine Verknüpfung der Kieslagerstätten mit einem beliebigen, in dem betreffenden Distrikt herrschenden Eruptivgesteine (wie „jüngerer Granit“, „Granulit und Protogingranit“, „weißer Granit“, „Eurit“ usw.) annahm“ (Vogt). Die Fig. 74 zeigt, wie sich Kjerulf die von den Kiesen erfüllten Hohlräume als Folge der

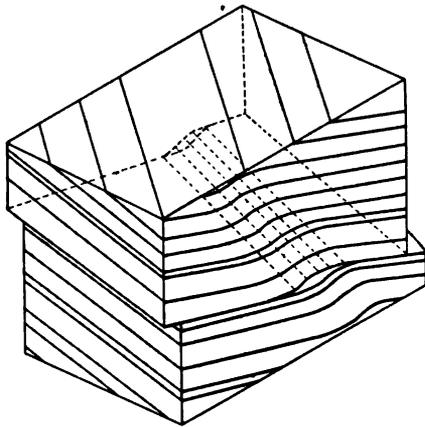


Fig. 74. Entstehung eines Kieslinsens nach der Auffassung Kjerulfs (1879).

Gebirgsbewegung dachte. Späterhin hat man dann allgemein den Gabbro als dasjenige Gestein betrachtet, mit dessen Eruption die Bildung der Lagerstätten zusammenhänge. Man hat die letzteren vielfach für Gänge erklärt, so außer Kjerulf Lassen, Witt und Nettekoven. Letzterer bringt offenbar die Auffassung vieler norwegischen Bergleute zum Ausdruck, wenn er sagt: „daß man es in der Hauptsache mit Spaltenausfüllungen, also mit gangartigen Bildungen zu tun hat und nicht mit Lagern im gewöhnlichen Sinne des Wortes . . . . kann kaum bezweifelt werden. Die zahlreichen, in den Lagerstätten eingeschlossenen Bruchstücke des Nebengesteines, sowie die in das Nebengestein verlaufenden Erztrümer und Erzkeile sprechen deutlich dafür, daß die Lagerstätten jünger sind als das Nebengestein. Sodann sind auch die Rutschflächen und die aus zerriebenem Schiefer bestehenden Lettenbestege nicht anders als durch eine stattgehabte Spaltenbildung und gewaltsame Verschiebung der Gesteinsmassen zu erklären. Die Spalten sind im vorliegenden Falle nur erweiterte Schichtungs-klüfte, und die Vermutung liegt nahe, daß die Entstehung derselben wohl mit

dem Empordringen des Gabbro, welcher vielfach in der Nachbarschaft der Erzgänge auftritt, in einem ursächlichen Zusammenhange stehen könne. Unsere deutsche Bezeichnung Lagergang in dem Sinne einer lagerförmigen Gangbildung dürfte für das Vorkommen vielleicht am zutreffendsten sein“.

Einen Zusammenhang zwischen den Gabbros und den Kieslagern Norwegens hat im Jahre 1894 auch Vogt vertreten, der einige Jahre vorher noch mit ausführlicher Begründung die sedimentäre Entstehung für die wahrscheinlichste gehalten hatte. Er machte neuerdings darauf aufmerksam, daß in größerer oder geringerer Nähe der norwegischen Kieslager Saussuritamphibolschiefer vorkommen, welche die norwegischen Geologen schon seit langer Zeit als durch Gebirgspressung, z. T. auch durch hydrochemische Vorgänge veränderte Gabbros betrachten. Nicht überall, aber an etwa dreißig Stellen kommen solche Gabbros teilweise im Liegenden oder im Hangenden, teilweise in Entfernungen bis zu einigen hundert Metern von den Kiesmassen vor. Über eine ganze Anzahl von Vorkommnissen, welche von den „Gabbros“, wenigstens oberflächlich, mehrere Kilometer entfernt sind, berichtet Vogt selbst, und ebenso gibt er zu, daß man bei zahlreichen anderen das Gestein überhaupt noch nicht in der Nachbarschaft angetroffen hat. Ein sonstiger, zwingender Hinweis auf genetische Beziehungen zwischen Kies und Gabbro als ihr häufiges Zusammenvorkommen existiert nicht. Vogt erklärte im Jahre 1894 die von ihm bis dahin für effusiv gehaltenen „Gabbros“ für Intrusionen und nahm an, daß die Sulfide in das längs Gleitflächen aufgelockerte Gebirge unter außerordentlich hohem Druck eingepreßt worden seien; sie sollen metallische Extrakte aus dem in der Tiefe damals noch nicht erstarrten Gabbromagma selbst sein. Diese mit großer Beredsamkeit vortragene Theorie hat Vogt auch auf andere Kieslager angewandt, in deren größerer oder geringerer Nähe stets Eruptivgesteine nachzuweisen sind, wie auf den Rammelsberg bei Goslar, die Vorkommnisse von Schmöllnitz, Agordo und Huelva.

Auch H. Sjögren glaubt, daß die Lagerstätten Hohlräume ausfüllten, welche durch Gebirgsstörungen sich öffneten, und die im Kies liegenden Gesteinssetzen hält er für echte Friktionsbreccien. Die Erze aber seien wahrscheinlich aus den „Gabbros“ ausgelaugt worden, d. h. durch eine Auflösung und Wiederausfällung von Kiesen entstanden, welche sich in den hangenden Gesteinen bereits vorfanden. Die Ausfällung soll durch Schwefelwasserstoff geschehen sein, der der Tiefe entstieg. Die Erzbildung wäre also dann eine Folge der Lateralsekretion.

Reusch hat angedeutet, daß vielleicht eine Umwandlung von Kalkstein in Kiese stattgefunden haben könne. Wie Vogt bemerkt und Reusch selbst schon zugab, fehlen indessen die Übergänge zwischen beiderlei Lagerstätten, die doch in einem solchen Falle gelegentlich beobachtet werden müßten. Diese metasomatische Entstehungsweise ist späterhin nicht mehr erörtert worden.

Wegen der vielgenannten „Gabbros“ ist anzuführen, daß dieselben in den weitaus meisten Fällen Zoisitamphibolschiefer sind, und daß diese Schiefer manchmal große Mächtigkeiten erreichen und eine außerordentlich weite Ausdehnung besitzen können. Während man für unveränderte Norite und Olivingabbros in Norwegen mehrfache Beweise einer intrusiven Entstehung zu haben glaubt,

scheinen die als metamorphe Eruptivgesteine gedeuteten Zoisitamphibolschiefer nur als konkordante Einlagerungen vorzukommen. Stelzner konnte sich nicht davon überzeugen, daß die in Frage stehenden Schiefer von den Sulitelmagruben tatsächlich umgewandelte Gabbros seien. Jene Gesteine zeigen eine massige Absonderung, sind äußerst zäh, verwittern sehr schwer und bilden infolgedessen Klippen und felsige Kuppen; ihre Farbe ist dunkel, ihre Struktur richtungslos, mittel- bis grobkörnig. Sie bestehen hauptsächlich aus flaseriger Hornblende, Biotit und untergeordnetem Zoisit und Epidot. Der Biotit kann mehr und mehr zunehmen, die Struktur wird schieferig, und das Gestein geht allmählich in einen Hornblendeschiefer oder hornblende- und granatführenden, quarzreichen Glimmerschiefer über, was eben nicht für die Natur eines umgewandelten massigen Gesteins spricht. Stelzner kam zu dem Schlusse, daß das von Furulund am Langvand stammende und von ihm untersuchte Gestein, ein Zoisitamphibolit, sich „nicht durch die mineralogische Art seiner Bestandteile, sondern nur durch die Auswahl und relative Menge, mit welcher sich dieselben an seiner Zusammensetzung beteiligen, von den ihm benachbarten und umgebenden Schiefergesteinen unterscheidet und . . . daß man, wie die vorliegende Literatur und wie Erkundigungen erweisen, niemals einen die Schieferschichten quer durchsetzenden Gang von einem dem Furulunder gleichen oder ähnlichen Gesteine angetroffen hat. Es wird nach alledem für unseren Zoisitamphibolit, ebenso wie es aus ganz analogen Gründen für den Saussuritgabbro anderer Kiesfelder geschehen ist, angenommen werden dürfen, daß er ein mit den Sulitelmaschiefern gleich altes Gestein ist“. Stelzner hat im übrigen die Frage noch offen gelassen, ob tatsächlich diese Schiefer umgewandelte Gabbros sind. Auf dieselben petrographischen Übergänge zwischen den „Gabbros“ und den kristallinen Schiefnern an den Sulitelmagruben hatte schon Vogt 1890<sup>1)</sup> aufmerksam gemacht und sie damals für einen Beweis dafür gehalten, daß die Gesteine nicht intrusiv sein könnten. Gibt man nun zu, daß jene Zoisitamphibolschiefer wirklich Eruptivgesteine und nicht etwa Tuffe sind, so ist doch noch durch nichts deren intrusive Natur bewiesen. Wären sie aber auch intrusiv, so gäbe es für die genetischen Beziehungen zwischen ihnen und den Kieslagern noch immer keine anderen Andeutungen als die Tatsache, daß dort, wo letztere auftreten, auch erstere häufig zu finden sind — vorausgesetzt, daß die im allgemeinen den Schiefnern konkordant eingelagerten Kieslager tatsächlich jünger als letztere und längs Gleitflächen zum Absatz gelangt sind, wie das Kjerulf und mit ihm seit 1894 Vogt will.

Eine sedimentäre Entstehung der Lagerstätten ist in neuerer Zeit von Helland und von Stelzner angenommen worden, und auch Vogt hat ehemals eine solche vertreten.

Auch dieser Erklärungsversuch hat Beziehungen zwischen den „Gabbros“ und den Erzabsätzen erblicken wollen. Helland betont außer der lagerartigen Form die Tatsache, daß die Kiese mit Schiefnern wechsellagern, und daß manchmal bis zu 2,6% kohlige Substanz in denselben enthalten sei. Er hält die Erze für chemische Absätze aus Meerwasser, das vielleicht infolge vulkanischer

<sup>1)</sup> Salten og Ranen, 227—228.

Ereignisse mit Kupfer- und Eisensulfaten beladen wurde. Die Reduktion dieser letzteren zu Sulfiden fand nach ihm durch organische Substanzen statt, oder es mochten sich auch Schwefelmetalle infolge von Schwefelwasserstoffexhalationen gebildet haben.

Die für eine sedimentäre Natur der norwegischen Kieslager sprechenden Gründe hat Vogt in verschiedenen Arbeiten der Jahre 1887—1891 eingehend erörtert. Er kam dabei zu der Schlußfolgerung, daß die Eruptionen der Gabbros, welche er damals noch für effusiv gehalten hat, zur Ausströmung von Eisen-, Kupfer-, Zink- und anderen Metalldämpfen (besonders in Form von Chloriden) geführt haben mögen, und daß diese dann durch Schwefelwasserstoff in Sulfide übergeführt worden seien.

Stelzner hat die norwegischen Kieslager auf Grund seiner Beobachtungen auf den Gruben des Sulitelmafeldes ausdrücklich für schichtige Lagerstätten erklärt. Seine Begründung sei nachstehend im vollen Wortlaut wiedergegeben: „Nach der Meinung einiger älterer Beobachter sollen die am Langvand auftretenden Kieslagerstätten gangartige Bildungen (Gänge, bezw. Lagergänge) sein; in den Augen Witts soll hierfür das mitten in den Kiesen beobachtbare Vorkommen von Quarzbruchstücken, „welches der ganzen Masse Ähnlichkeit mit einem Konglomerate gibt“, namentlich aber das Vorhandensein einer kleinen, ins Hangende gehenden seitlichen Abweichung des „Hauptganges“ von Mons Peter Uren sprechen. Ich werde diese Erscheinungen später näher zu besprechen und alsdann zu zeigen haben, daß sie uns in keinerlei Weise dazu veranlassen können, den Standpunkt der Obengenannten zu teilen. Jedenfalls sind die anderen Tatsachen viel maßgebender für das Urteil, welches wir uns über die Natur der Kieslager am Langvand zu bilden haben. Diese Tatsachen sind aber die folgenden sieben:

1. Die Erzkörper sind bis jetzt in allen Ausstrichen und Aufschlüssen in paralleler Lagerung mit den ihnen benachbarten Schiefeln angetroffen worden; erzerfüllte, das Nebengestein quer zu seiner Schichtung durchsetzende Spalten (Gänge) sind durchaus unbekannt.<sup>1)</sup>

2. Die mächtigeren Erzkörper zeigen hier und da zu ihrer Lagerebene parallele Einschaltungen von Gesteinsschichten, welche fast ausnahmslos solchen gleich sind, die auch sonst inmitten der gewöhnlichen Sulitelmaschiefer auftreten.

3. Außerdem beteiligen sich auch an der Zusammensetzung der Erzkörper kleinere oder größere Mengen von denselben Mineralien, welche wir als wesentliche Elemente der verschiedenen Gesteine der Sulitelmaschiefergruppe kennen gelernt haben. Diese Mineralien erweisen sich als mit den Kiesen gleich alte Gebilde; einige von ihnen — Aktinolith, Biotit — sind noch niemals auf echten Erzgängen angetroffen worden.

4. Umgekehrt finden sich auch, und zwar nicht nur in den das unmittelbare Nebengestein der Erzlagerstätten bildenden Schiefeln, sondern auch in den weit entfernt von den Kieslagern vorkommenden Gliedern der Sulitelma- und Vensæet-Schiefer, Sulfuride (Schwefel- und Magnetkies) in solcher Art und Weise,

<sup>1)</sup> Siehe unten.

daß sie — diesmal ihrerseits — wiederum nur für primäre Übergangsteile dieser Schiefer und nicht für spätere Einwanderer gehalten werden können.

5. Die Kieslagerstätten zeigen zwar hier und da eine lagen- oder schichtförmige Anordnung ihrer verschiedenen Elemente, aber niemals jene symmetrisch wiederkehrende Folge von verschiedenen Erz- und Minerallagen, welche einen so hervorragenden Charakterzug von Erzgängen ausmacht.

6. Die mineralogische Zusammensetzung der Erzlagerstätten ist, bei aller Veränderlichkeit im kleinen, für einen und denselben Erzkörper doch eine sehr gleichförmige, monotone und

7. die für Erzgänge typischen Drusen mit frei entwickelten, ihre Wände tapezierenden Kristallen sind von den Lang-Vander Lagerstätten gänzlich unbekannt.“

Stelzner fährt dann fort: „Ich weiß nun freilich sehr wohl, daß die ältere Schule der norwegischen Geologen mit dem besten Kenner des Landes, mit Th. Kjerulf an ihrer Spitze, ebenso wie Durocher, Duchanoy, Nettekoven u. a. anderer Meinung war, daß sie in den unseren durchaus ähnlichen anderweiten Kieslagerstätten des Landes Ausfüllungen von Hohlräumen, also gangartige Bildungen erblickte, und daß namentlich Kjerulf für diese Anschauung mit unermüdlicher Energie eintrat; indessen vermag ich seinen Beweisführungen und denjenigen seiner Gesinnungsgenossen nicht zu folgen, sondern kann auf Grund der hervorgehobenen Tatsachen, welche nicht nur für das Sulitelma-Gebiet, sondern auch, soweit meine Kenntnisse reichen, für alle anderen nordischen Eisenkieslagerstätten zutreffen, nur auf meinem gegenteiligen Standpunkte verharren. Ich befinde mich hierbei in der sehr angenehmen Lage, darauf hinweisen zu können, daß meine Anschauung neuerdings auch in Norwegen selbst für die allein zulässige und zutreffende erachtet wird, so namentlich von Helland und Vogt.<sup>1)</sup> Die Wucht der für die sedimentäre Entstehungsweise sprechenden Tatsachen ist eben zu groß.

„Indessen ist mit der Frage nach der Entstehungsweise im allgemeinen noch nicht die andere, weit schwierigere nach der Entstehungsart im besonderen beantwortet, d. h. die Frage, woher nun eigentlich in den alten paläozoischen Meeren Norwegens, gleichwie in jenen Deutschlands (Goslar), Spaniens (Rio-Tinto usw.) und anderer Länder jene erstaunlichen Mengen von Sulfuriden gekommen, durch welche chemische Prozesse sie zum Absatz gelangt und aus welchen Ursachen sie zu den gewaltigsten überhaupt bekannten Erzlagerstätten konzentriert worden sind.“ Wegen der in dem Kies auftretenden Nebengesteinsstücke, die von Witt für ein Kennzeichen der Gangnatur gehalten worden sind, sagt Stelzner folgendes: „Wenn man von Furulund aus zu dem Mons Peter-Stollen hinaufsteigt, so wird man am Mundloche des letzteren durch zweierlei überrascht, einmal durch die bis auf 4 m anschwellende Mächtigkeit des hier nackt zutage ausstreichenden Kieslagers und ein anderes Mal durch Nester, Streifen und S-förmig oder sonstwie gekrümmte Schmitzen von chloritischen oder an Aktinolith reichen Schieferpartien, welche an jener Ausbifstelle von dem

<sup>1)</sup> Stelzner schrieb 1891.

übrigens nur aus feinkörnigem Kiese bestehenden Lager in großer Zahl umschlossen werden und sich durch ihre düsteren Farben auf das deutlichste von der goldgelb aufglitzernden Kiesmasse abheben . . . . Was sind das für sonderbare Einschlüsse? Wie kamen sie in den Kies? Sprechen sie wirklich, wie Witt meint, für die gangartige Natur unserer Lagerstätte? Um diese Frage zu beantworten, wollen wir zunächst ein größeres Kiesstück, das einen solchen gewundenen Einschluß enthält, anschleifen und polieren lassen. Wir sehen alsdann weit deutlicher als auf der natürlichen, unebenen und höckerigen Bruchfläche, daß wir es in jenen Einschlüssen mit Schieferfragmenten zu tun haben, die den Liegend- und Hangendschiefern des Lagers ganz analog zusammengesetzt sind, daß deren feinere Schichtung genau dieselben Biegungen zeigt wie das ganze Fragment, und daß sich wohl auch kleine, von Schiefer umschlossene Kiespartikel zu Streifen aneinanderreihen und nun jenen Krümmungen unterordnen . . . . Die gequetschten (Pyrit-) Kristalle“ (im Chloritschiefer, von denen eingangs die Rede war) „ergänzen die Vorstellungen, welche uns der gewundene Verlauf der Kieslager aufnötigte. Wir erkennen, daß nicht nur die Schichten im großen ganzen gebogen und gestaucht worden sind, sondern daß hierbei auch — wie es die Gesetze der Mechanik verlangen — innerhalb der einzelnen Gesteinsschichten selbst allerhand Sonderbewegungen stattgefunden haben. Und nunmehr werden uns auch die oben besprochenen gewundenen Schieferfetzen inmitten der Kieslager verständlich, sie sind erneute Belege für die von statten gegangene innerliche Stauchung. Es waren von Haus aus Schieferschichten, die nach Art der Scheren von Kohlenflözen mit Erzbändern wechsellagerten, und sie wurden, da die verschiedenartig beschaffenen Lagen den sich abspielenden Stauchungen auch einen verschiedenen Widerstand entgegengesetzten, ihrerseits zerrissen und förmlich in den umgebenden Kies eingeknetet . . . . In Erzstücken vom Jakobsstollen sah ich kleine Schieferfragmente eingeknetet, die sehr stark gerundet waren und z. T. sogar Friktionsstreifen auf ihrer Oberfläche zeigten, und in anderen, der Hauptsache nach aus feinkörnigem Schwefelkies bestehenden Stücken vom Försterstollen lagen eigentümliche, bis 1 cm große, rundliche Knollen von Schwefelkies, die ich ebenfalls nur für in situ abgeriebene und umgeformte Würfel halten möchte.“ Ähnliche Erscheinungen erwähnt und bespricht Stelzner auch von den übrigen norwegischen Kiesgruben, desgleichen auch die gangförmigen Abzweigungen des Kiesel, die er gleichfalls für Pressungserscheinungen hält.<sup>1)</sup>

Die heutige Gestalt der Kieslager dürfte wohl dem auswalzenden, zerreißen und streckenden Einfluß der Gebirgsfaltung zuzuschreiben sein, der ja auch die Schiefer so außerordentlich stark umgewandelt und kristallinisch gemacht hat.

Nachstehend möge ein kurzer Überblick über einige wichtigere Grubenfelder folgen.

<sup>1)</sup> Stelzner, Die Sulitjelma-Gruben, 30—32, 46—51. Über ähnliche Erscheinungen im Rammelsberg siehe S. 97 und später.

### I. Das Trondhjem-Feld. Røros (oder Røraas).

Die alte Bergstadt Røros liegt 1570 m hoch, auf wüster Hochebene nahe dem Ursprung des norwegischen Hauptflusses, des Glommen. Das Storvarts-Lager ist 1644 entdeckt worden.

Das Gebirge besteht aus sehr flachgelagerten, etwa SW.—NO. streichenden Schichten von Glimmerschiefer, Quarzglimmerschiefer, Tonglimmerschiefer, Chlorit- und Talkschiefer samt „Gabbro“, der Bergkuppen bildet, lagerartig auftritt und bisher in den Gruben noch nicht angefahren worden ist. Von den Erzlagerstätten sind die größten die der Muggrube, Storvarts- und Kongensgrube, von deren eigentümlicher Gestalt und Größe schon früher (S. 298) die Rede war. Nach Nettekoven liegen die Kiesmassen zwar parallel zu den umgebenden Schiefeln, besitzen aber ein anderes Einfallen, d. h. sie setzen quer zur Schichtfläche des Liegenden mit flacher Neigung in die Tiefe. Hausmann hat bereits folgende Charakteristik des Storvartslagers gegeben: „Man muß sich das ganze Lager als eine Verbindung von vielen kleineren sphäroidischen Erzmassen denken, die in der Richtung der größten Durchschnittsebenen dieser Nieren, den Hauptabsonderungen des Gebirgsgesteines parallel, miteinander verbunden sind. So wie dieses Erzlager in seiner Zusammensetzung im großen erscheint, so stellt es sich dann auch wieder in seinen kleineren Teilen dar, denn der Kies erfüllt die sphäroidischen Nieren nicht völlig, sondern er bildet in ihnen gemeinlich wieder kleinere Sphäroiden, die durch Chloritschalen voneinander gesondert sind.“

Gegen das Nebengestein sind die Erze manchmal durch Lettenbestege (Skjölar) begrenzt, Rutschflächen sind häufig. Außer den großen Lagerstätten gibt es noch eine Anzahl kleiner, die scheinbar in verschiedenen Niveaus aber reihenweise hintereinander liegen. Eine scharfe Scheidung zwischen Erz und taubem Gestein besteht nicht; ersteres geht in letzteres durch allmähliche, teilweise fahlbandähnliche Zwischenstufen über. Die Linealform ist genau genommen nur den derben Kiesmassen eigen; die Gestalt der Lagerstätten würde sich mehr elliptisch darbieten, wenn man die umhüllenden Fahlbandzonen noch als Teile derselben betrachtete. Des öfteren sind die Lager infolge der Gebirgsfaltung gegabelt.

Hauptmasse des Erzes ist im allgemeinen kobalthaltiger Schwefelkies, an dessen Stelle auf der Muggrube Magnetkies tritt, welcher letzterer auch sonst allenthalben vorkommt. Die Erze enthalten nur 3—4% Kupfer. Zinkblende ist denselben in mitunter nicht unwesentlichen Mengen beigemischt, Bleiglanz, Arsenkies sind untergeordnet, und auch Molybdänglanz kommt zu Røros vor. Gediegen Kupfer hat sich im Ausgehenden der Lager gefunden. In die Lagermasse sind Quarz, Chlorit, Glimmer, Hornblende, Asbest und Granat eingewachsen.

Die reicheren Erze werden zu Røros selbst verhüttet, die ärmeren gehen über Trondhjem nach England. Im Jahre 1900 wurden etwa 13500 t Kupfererz und 9500 t kupferhaltiger Pyrit mit insgesamt 723 t Kupfergehalt gefördert.

Die im äußeren Teil des Hardangerfjords gelegene Insel Varald besteht aus Phylliten mit Einlagerungen von körnigem Kalkstein, Quarzschiefer und Konglomeraten, überdies aus einem kleinen Massiv von Saussuritgabbro. In den

Schiefergesteinen, die eine große Synklinale bilden, kommen in zwei Horizonten kupferhaltige Schwefelkiese vor, die indessen nur im oberen Horizonte bauwürdig sind. Von den drei Lagern der Valahejen-Grube ist das mittlere 1—8 m, gewöhnlich 3—5 m mächtig, dabei hat es die Form einer 220 m breiten, im Fallen bis 120 m verfolgten Linse. Sein Kies ist mit Quarz, Hornblende und Magnetit verwachsen, zeigt in gewissen Lagen Einmengungen von kohlenstoffhaltigen Substanzen und besitzt infolge der Anordnung dieser verschiedenen Elemente sowie durch Einlagerung kleiner Schieferzonen eine schichtige Struktur. Der Kupfergehalt beträgt nach Vogt 0,5—0,75%, der Schwefelgehalt etwa 40%.

Zu **Vignäs** auf Karmö kennt man eine ganze Reihe steil einfallender Kiesstücke. Nebengestein der Lager ist hornblendereicher Chloritschiefer, der fahlbandartig mit Kiesen durchwachsen ist und Muskovitschiefer- und Konglomeratbänke enthält. Haupterz ist Pyrit mit 1—5% Kupfer, bandstreifig verwachsen mit Zinkblende. Vignäs galt ehemals neben Kongsberg als die wichtigste norwegische Grube. Sie hat 1873 ein Maximum der Förderung mit 44000 t Erz erreicht.

Die zwei Hauptlager von **Foldal**, etwa 90 km SW. von Rösros, sind durch eine nur wenige Meter mächtige Schieferschicht voneinander getrennt, den Schiefen durchaus konkordant eingelagert und werden seitlich von einer Reihe

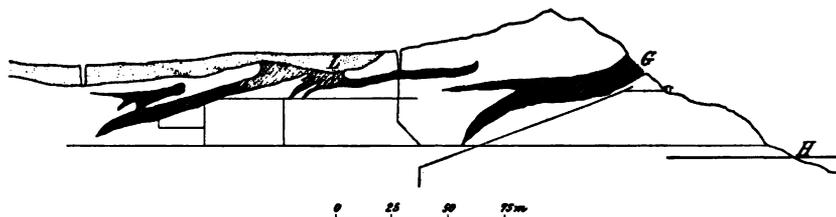


Fig. 75. Profil durch die Erzmassen der Storgrube (unter L) und der Le Breton-Grube (bei G) auf Ytterö. L bedeckende Tonschicht, H Meeresniveau. (Trelease-Kjerulf, 1876.)

von Kieslinsen begleitet. In streichender Fortsetzung gehen sie in Fahlbänder über. Die beiden Hauptlager unterscheiden sich durch ihren Kupfergehalt. Der Pyrit ist etwas kobalthaltig.

Die Hauptgruben der Insel **Ytter** im Trondhjemfjord sind die Storgrube und die Le Bretongrube. Die mit 15° gegen N. einfallenden Schichten sind Chloritschiefer, Quarzit und Tonschiefer; die unregelmäßig geformten Kiesstücke liegen zu mehreren übereinander und bestehen vorwiegend aus feinkörnigem Eisenkies mit etwas Kupferkies. Der Kupfergehalt beträgt etwa 3%; Magnetkies, Zinkblende und sehr spärlicher Arsenkies samt Quarz sind nebensächliche Bestandteile. Vogt betont, daß mit dem Kies auch Flußspat vorkomme; Kjerulf sagt bereits: „Flußspat war im östlichen Teile von Storgrube nicht ungewöhnlich“, er ist indessen nicht beschränkt auf die Kieslager, sondern kommt auch außerhalb derselben in Gängen vor, welche Quarz, Bitterspatdrusen, Kalkspatkristalle und Eisenkies führen. Die Erzmassen lagen teilweise frei zutage und zeigten sich nach Wegräumung des oberflächlichen Schuttetes durch Glazialwirkung geschrämmt und poliert. Auf Ytterö förderte man im Jahre 1900 1600 t Kies.

Von den **Sulitelmagruben** war schon im obigen wiederholt die Rede. Sie liegen nördlich des Polarkreises und 90 km östlich der norwegischen Seestadt Bodö, in deren Nähe sich die früher beschriebenen Eisenerzfelder von Naeverhaugen befinden, an dem Binnensee Lang Vand; östlich davon erhebt sich der 1880 m hohe Sulitelma.

Die Kieslager sind im großen ganzen an zwei über den genannten Eisen-erzen liegende Horizonte gebunden. In den tiefer gelegenen dünn-schieferigen Quarziten wird das Vorkommen der König Oskar-Grube, mehrere Kilometer südlich des Lang Vand abgebaut. Alle übrigen Lager gehören, wie sehr gut aus H. Sjögrens Karte hervorgeht, den eigentlichen Sulitelmaschiefern an. Diese bilden eine mächtige Folge von Glimmerschiefern mit Einlagerungen von massigen Amphiboliten. Erstere bestehen aus Biotit und Quarz, untergeordnet auch aus Muskovit und Zoisit, enthalten auch Kalkspat und schichtenweise etwas Hornblende und Graphit. Über ihr Verhältnis zu den Amphiboliten wurde früher schon gesprochen. Teils sind die letzteren ganz massig und könnten dann als Gabbros angesprochen werden, andernteils sind sie schieferig und gehen allmählich in Glimmerschiefer über. Diese Gesteine fallen am Lang Vand etwa nach Westen ein und sind durch das Tal des letzteren so tief aufgeschlossen, daß an beiden Seiten desselben auf mehrere Kilometer hin die Lagerausstriche zutage treten. Die Erze liegen fast an der Grenze zwischen normalen Sulitelmaschiefern und einer mächtigeren Zone von schieferigem Amphibolit und werden bereits unterlagert von einem Grünschiefer, dem sog. Chloritgranulit Sjögrens. Das Hangende der Lager besteht aus einem über viele Quadratkilometer verbreiteten Schiefer, der in einer gröber kristallinen, hauptsächlich aus Chlorit, Hornblende, Quarz und Feldspat bestehenden „Grundmasse“ Partien enthält, die reicher sind an Biotit und Muskovit, im übrigen aber sich mineralogisch von der Grundmasse nicht unterscheiden. Diese glimmerreicheren Partien hält Sjögren für Bruchstücke und bezeichnet das Gestein als eine „Grünsteinbreccie“, die eine ursprünglich durch Zerquetschung entstandene, später umkristallisierte Zerrüttungszone sein soll. Wegen der Breccienstruktur der Kieslager und wegen der scheinbaren gangartigen Apophysen von Erz im Nebengestein, wie sie in Fig. 73 abgebildet wurden und auch Stelzner, wie oben gezeigt, schon sehr wohl bekannt waren, hält Sjögren eine sedimentäre Entstehung der Lager für ausgeschlossen. Er betrachtet die das Hangende der Lager bildenden Grünschiefer als Gabbros, welche durch hydrochemische Prozesse umgewandelt worden seien. Längs der Zerrüttungszonen, welche durch die jetzigen Kieslager gekennzeichnet sein sollen, hätten Lösungen zirkuliert, welche aus den Gabbros Eisen- und Kupfersalze mitbrachten; letztere Metalle waren bis dahin schon in diesen Gesteinen enthalten und wurden aus ihnen in der Form von Sulfaten weggeführt. In den Kieslagern und in den kristallinen Sulitelmaschiefern finden sich Graphit und Kohlenwasserstoffe; diese samt Schwefelwasserstoff haben nach Sjögren die Erze ausgefällt, welche letztere demnach durch Lateralsekretion entstandene Gangfüllungen sein sollen.<sup>1)</sup> Vogts spätere Theorie über die Entstehung der norwegischen Kieslager durch eruptive Nachwirkungen (1894) lehnt Sjögren nachdrücklich ab und neigt dazu, seine eigene Anschauung auf sie alle anzuwenden. Stelznerns Auffassung und ihre Begründung ist schon oben angeführt worden.

<sup>1)</sup> Hj. Sjögren, Sulitelmakisernas geologi; Geol. Förr. Förrh., XVI, 1894, 433—437. Diese Arbeit ist ungefähr gleichzeitig mit derjenigen Vogts erschienen.

Am Nordufer des Lang Vand folgen sich von W. nach O. die Gruben Mons Peter, die weniger bedeutenden Charlotte und Giken, ferner Hankabakken, Nya Sulitelma und einige andere. Die dort bearbeiteten Lager gehören zwar nicht genau demselben Horizont an, scheinen aber in der Schichtenfolge nur wenig weit voneinander entfernt zu sein.

Die Mons Peter Grube (Mons Peter Uren) baute seit 1888 auf einem 4—5 m mächtigen, 320 m im Streichen, 120 m im Fallen verfolgten Lager. Die Kiese treten entweder in derben Massen auf, durchlagert von Schieferbänken, oder imprägnieren fahlbandartig das Nebengestein. Teilweise ist der Eisenkies eine sandartig zerfallende kristalline Masse. Die Dimensionen des derben Erzes gibt Sjögren auf 200 m in der Länge und 60 m Breite an.

Das Erz vom Mons Peter enthielt bei etwa 5% Lagerart ungefähr 5% Cu, 46% S, 42% Fe, 0,25% Zn, 0,20% Pb, Spuren von Arsen, Nickel und Kobalt und sehr geringe Mengen Gold und Silber.

Die übrigen Gruben sind später in Angriff genommen worden; Nya Sulitelma ist jetzt das bedeutendste Vorkommen daselbst, während Mons Peter Uren gegenwärtig ruht. Außer Pyrit, Magnet- und Kupferkies finden sich Magnetit, Zinkblende und Bleiglanz (letzterer möglicherweise als jüngere Bildung), ferner Arsenkies und stellenweise, wie auf der Charlotte, sehr schöner Danait. Der reine Kupferkies erreicht manchmal mehrere Meter Mächtigkeit; die letztere wechselt scheinbar im Lager sehr erheblich. Mitunter ist das Erz schön gebändert und gefältelt. Quarz kommt in unregelmäßiger Weise im Erz oder an dessen Ausspitzungen vor. Man hat die Erzmenge des Nya Sulitelma-Lagers im Jahre 1893 berechnet auf 95000 t reinen Kies und 30000 t gewinnbare Imprägnationen.

Auch auf der Südseite des Lang Vand ist in einer mehrere Kilometer langen Zone eine ganze Reihe von Kiesvorkommnissen bekannt, deren geologische Verhältnisse ähnliche zu sein scheinen wie diejenigen der nördlichen Hauptgruben; sie finden sich in der Nähe der Grenze der Sulitelmaschiefer und der hangenden „Grünsteinbreccie“. Diese letztere ruht stundenweit immer fast unmittelbar unter der Decke eines als „Natrongranit“ bezeichneten Eruptivgesteines, scheint also einem bestimmten Horizont anzugehören.

Die Erzproduktion auf den Gruben der Sulitelmagesellschaft betrug im Jahre 1900 etwa 80000 t.

Gleichfalls im Nordlandamt und unter dem 66 $\frac{1}{4}$ ° am Ranen-Fjord liegen die Kieslager von **Bofsmo**. Das herrschende Gestein sind granatführende Glimmerschiefer mit Disthen, welche einem höheren Horizont angehören als die dortigen, von Kalksteinen begleiteten Eisenglimmerschiefer vom Typus Naeverhaugen-Dunderland. Das eigentliche Nebengestein der Lager sind aber auch hier Grünschiefer (Amphibol-Chloritschiefer) und innerhalb dieser im Hangenden der letzteren ein „chloritischer Granulitgabbro“; als solchen benennt O. Norden-skjöld ein Gestein, das ganz analog sein soll der „Grünsteinbreccie“ Sjögrens von den Sulitelmagruben; es wird als eine Breccie bezeichnet, die durch völlige Umkristallisation infolge hydrochemischer Prozesse wieder zu einem kristallinen Schiefer geworden ist. Seine Breccienstruktur soll sich darin zu erkennen geben, daß in einer Masse von Chlorit, Quarz, Orthoklas und wenig Granat und Rutil Partien besonders reich an Biotit und Granat sind, welche letztere für die

„Bruchstücke“ gehalten werden. Das Gestein würde also der Zerrüttungszone der Sulitelmaschiefer entsprechen, an die dort nach Sjögren die Kiese gebunden sein sollen. Diese Schiefer enthalten mehr oder weniger stark gepreßte und verzerrte Pyritkristalle. Wo letztere sich reichlicher einstellen, treten auch Staurolith, Andalusit und Pleonast auf, die sonst in dem Glimmerschiefer vorkommen. Das Liegende der Lager bildet ein Grünschiefer, der in Glimmerschiefer übergeht. In der Umgebung des Kiesvorkommens spielen verschiedene mehr massige Gesteine eine gewisse Rolle. Teils sind es Amphibolgesteine mit Quarz, Orthoklas und spärlichem Plagioklas, Chlorit und Granat, welche den sog. Gabbros des Sulitelmagebiets entsprechen, teils Gesteine mit viel Quarz und Feldspaten, untergeordnetem Granat, Hornblende, Chlorit und Glimmer. Beide Gesteine enthalten wohlkennbaren Pyrit.

Die Lager zeigen im großen und ganzen ein ausgesprochen schichtiges Verhalten, daneben aber doch gewisse Unregelmäßigkeiten, welche dafür sprechen sollen, daß die Erze wenigstens z. T. eine sekundäre Lagerung haben. Der Kies kommt teils in fast derben Erzlinsen, teils in fahlbandartiger Ausbildung vor, ist aber doch immer nur erzreiches Schiefergestein. Das Hauptlager hat eine Mächtigkeit von 8 m, zerfällt aber durch eine Zwischenlagerung von 0,5 m Dicke, wenigstens dort, wo es am besten entwickelt ist, in zwei verschieden reiche Sonderlager.

Die Gruben von Boßmo sind seit 1893 in Betrieb und sollen eine große Zukunft haben. Ihr Erz enthält 50% Schwefel, 44% Eisen, 0,5% Kupfer, 0,7% Zink, 4% Lagerart, 0,005% Silber und etwas Gold. Im Jahre 1900 wurden ungefähr 24000 t Kies gewonnen.

Die Entstehung der Kiese von Boßmo sucht Nordenskjöld in Übereinstimmung mit der von Sjögren vorgetragenen Theorie zu erklären. Die naheliegende Frage, ob die behauptete Breccienstruktur der hangenden Schiefer nicht sehr wohl auf eine Tuffnatur der Gesteine hinweisen könne, ist weder von Sjögren noch Nordenskjöld berührt worden. Bei näherer Überlegung ergeben sich auch schwere Bedenken gegen die Entstehung der Kiese durch Lateralsekretion (siehe den betreffenden späteren Abschnitt).

Nicht aus den Augen darf bei sämtlichen Erklärungsversuchen gelassen werden, daß auch die norwegischen Kieslager nichts anderes sind als erzführende Schiefer, deren Zusammensetzung sich nur quantitativ von der ihres Nebengesteines unterscheidet.

Bei Sjangeli,<sup>1)</sup> an der schwedisch-norwegischen Grenze, etwa 30 km südlich der Ofotenbahn in Lappland, kommen Einsprengungen und Butzen von Kupferglanz und Buntkupfererz in inniger Mischung mit Magnetit innerhalb eines schwarzgrünen, äußerst feinkörnigen Hornblendeschiefers, des „Sjangelischiefers“, an zahlreichen Stellen vor. Diese Gesteine sind deutlich geschiefert und oft gebändert, bestehen vorzugsweise aus Hornblende und manchmal in Zoisit umgewandeltem Feldspat, stellenweise auch mit etwas Quarz und Chlorit. Sie umschließen kleine Lager von unreinem Kalkstein und massigere, dioritähnliche Gesteine, welche aus denselben Bestandteilen wie die Schiefer bestehen und ihnen nahe verwandt sein dürften. Aber weder in den Kalksteinen noch in jenen massigen Einlagerungen sind Kupfererze angetroffen worden, die nur in den Schiefnern auftreten. Ebenso wenig sind die übrigen in der steil einfallenden Schichtenzone auftretenden Gesteine, wie Dolomite, Quarzbiotitschiefer, Anthophyllitschiefer und Gneise und der sie durchbrechende Granit erzführend.

Kupferkies wird nur in geringer Menge gefunden; man wird aber wohl annehmen müssen, daß die beiden vorwaltenden Sulfide, von denen das Bunt-

<sup>1)</sup> Petersson, Om de geologiska förhållandena i trakten omkring Sjangeli Kopparmalmstält i Norrbottens län; Geol. För. Förh., XIX, 1897, 296—306.

kupfererz auch in Klüften auftritt, auch hier aus ihm hervorgegangen sind. Das ganze Vorkommen ist im übrigen ein deutlich lagerförmiges. Über die Entstehungsweise der Lagerstätte hat sich Petersson, der sie zuerst beschrieb, noch nicht geäußert. Das Kupfervorkommen von Sjängeli ist schon seit 200 Jahren bekannt, aber erst neuerdings wieder Gegenstand eines Bergbaues geworden.

Kieslager haben eine weite Verbreitung in den kristallinen Schiefen der **Alleghanies**<sup>1)</sup> in den Vereinigten Staaten und Kanada, so in Alabama, Nord-Carolina, Tennessee, Virginia, Pennsylvania, Maryland, Vermont, Newhampshire, Maine, Quebec, Neufundland und Neubraunschweig. Bald sind es reine Pyritlager, welche für die Schwefelsäurefabrikation nutzbar gemacht werden, bald solche mit Pyrit, Magnet- und Kupferkies, die als Kupferlagerstätten gelten, sobald sie über 2,5% Kupfer führen. Wie auch sonst, sind Zinkblende und Bleiglanz in geringer Menge vorhanden.

In früherer Zeit und schon im ersten Beginn des Bergbaues auf dem nordamerikanischen Kontinent hat man den eisernen Hut dieser Lagerstätten zur Eisengewinnung benutzt, er führte indessen z. B. zu Ducktown und auf anderen Lagerstätten auch große Massen reicher sekundärer Kupfererze in seinen unteren Teilen. Die darunter liegenden Kiese, Pyrit und Magnetkies, bezeichnet man in Virginia als den „mundic“; er bricht in der Regel in 12—50 m Teufe unter der Oberfläche ein. Nach Moxham besitzen diese Lagerausstriche in Virginia manchmal gewaltige Dimensionen; so läßt sich derjenige von Lineberry mit 30—40 m Mächtigkeit etwa 1200 m weit verfolgen, sein eiserner Hut reicht bis zu einer Teufe von etwa 55 m. Man nennt die Ausstriche, welche zunächst für die Eisenindustrie eine große Bedeutung besitzen sollen, „leads“ und betrachtet die Lagerstätten allgemein als „Gänge“, während sie offenbar große Ähnlichkeit und Übereinstimmung mit den europäischen Kieslagern haben.

Die bekanntesten dieser nordamerikanischen Lagerstätten sind die von **Ducktown** im Polk County des Staates Tennessee am Ocoee-Fluß, in einem bis zu 4300 Fuß hohen Gebirge gelegen. Die Lager sind eingebettet in „Quarzite“, Gneise und Glimmerschiefer, die etwa NNO. streichen, gegen SO. unter 50—55° einfallen und nach Kemp Sedimente sind. Diese Schichten zeigen in sich die Spuren von Pressungen und Schiebungen, die dazu führten, daß die zwischen kompakteren Gneislagen eingeschalteten Glimmerschiefer manchmal in feinste zickzackförmige Falten gelegt sind. Henrich vermutet, daß das Gebirge von

<sup>1)</sup> H. Credner, Die Kupfererzlagerstätten von Ducktown in Tennessee; Berg- u. Hüttenm. Ztg., XXVI, 1867, 8—10. — Henrich, The Ducktown ore-deposits and the treatment of the Ducktown copper-ores; Transact. Am. Inst. Min. Eng., XXV, 1896, 173—245. — Kemp, Ore deposits, 1900, 189—195. Lit. über die Kiesvorkommnisse in den Alleghanies. — Ders., The deposits of copper-ores at Ducktown; Transact. Am. Inst. Min. Eng., XXXI, 1902, 244—265, Lit. — Moxham, The great gossan lead of Virginia; Transact. Am. Inst. Min. Eng., XXI, 1893, 133—138. — Wendt, The pyrites deposits of the Alleghanies; School of mines Quarterly, VII, 1886; Eng. Min. Journ., XLII, 1886, 4—5, 22—24. — Weed, Types of copper-deposits in the Southern United States; Transact. Am. Inst. Min. Eng., XXX, 1901, 449—504, bes. 480—497. — Wendeborn, Der Ducktown-Kupfergrubendistrikt in den Ver. Staaten von Nordamerika; Berg- u. Hüttenm. Ztg., LXII, 1903, 86—88.

zahlreichen Gleitflächen durchsetzt sei, welche im allgemeinen den Schichtflächen parallel laufen, aber auch von einer solchen nach einer anderen überspringen könnten. In den Versuchen, die Entstehung der Lagerstätten zu erklären, haben auch diese Gleitflächen eine Rolle gespielt.

Das Gestein in der Umgebung der Lager ist ein quarzhaltiger Glimmerschiefer, gelegentlich mit etwas Granat und Magnetkies, auch treten ziemlich massige Gesteine auf, welche aus Quarz, Aktinolith, Granat und Zoisit bestehen. Feldspat fehlt in den Gesteinen fast ganz. Die Kieslager sind parallel dem Schichtenstreichen und bis auf geringe (sekundäre?) Abweichungen auch konkordant in die Schiefer eingelagert. Sie bilden drei Zonen, die sich mit einer streichenden Ausdehnung von etwa 6 km verfolgen lassen. Vielfach liegen sie in Reihen staffelförmig hintereinander; Henrich und vor ihm andere Beobachter erklären diese Erscheinung durch horizontale Verschiebungen einheitlicher Lager, bei denen die einzelnen Lagerstücke längs der Verschiebungsklüfte etwas ausgezogen und geschleppt worden sind. Manche Lager besitzen einen ununterbrochenen Ausstrich von mehreren hundert Metern Länge, die Lagerstätte von Burra-Burra ist sogar auf über 3 km verfolgt worden. Die Mächtigkeit der Massen wechselt von 4—50 m; ihre Vertikalerstreckung ist nicht bekannt, da der Bergbau erst bis zur Teufe von einigen hundert Fuß niedergedrungen ist. Zwischen jenen drei langen Ausstrichzonen ist noch eine Reihe kleinerer Linsen zerstreut.

Alle Aufschlüsse zeigten mächtige eiserne Hütte und ließen von oben nach unten überall folgende Erzzone unterscheiden:

1. Sandiger, schlackiger, schwammiger oder glaskopffartiger Brauneisenstein, phosphorarm, wechsellagernd mit Quarz- und Schiefereinlagerungen. Diese „gossans“ ragen klippenförmig über das umgebende Schiefergestein der Oberfläche empor und wurden, wie früher gesagt, teilweise als Eisensteinlagerstätten abgebaut.

2. In 30—50 Fuß Teufe stellen sich Malachit, Kieselkupfer, Rotkupfererz und vor allem Schwarzkupfererz (ein mulmiges Gemenge von etwas Kupferoxyd, sehr viel Kupferglanz, Kupfer- und Eisenkies, Kupfer- und Eisenvitriol), gediegen Kupfer und Kupferglanz (Harissit), teilweise in schönen Kristallisationen ein.<sup>1)</sup> Diese oft 2—10 Fuß hohe Masse liegt oft unmittelbar über den unzersetzten Sulfiden, häufig so, daß sie diese auf weite Erstreckungen hin überdeckt; manchmal aber ist sie geringer mächtig und beschränkt sich dann auf die eine oder andere, auf die liegende oder hangende Seite der Lagerstätte, oder tritt in ihren mittleren Partien auf.

3. Unter der Schwarzkupfererzzone trifft man häufig auf eine Lage von weißem, mit Markasit mehr oder weniger reichlich durchwachsenem Quarz. Solcher findet sich auch, offenbar gleichfalls als jüngere Bildung, auf gewissen Querabsonderungen, welche besonders in den oberen Niveaus die Sulfidmassen in annähernd horizontaler Richtung durchklüften. Henrich nimmt an, daß es solche Quarzbänke gewesen seien, welche dem Niederdringen der zer-

<sup>1)</sup> Ausführlicheres bei Kemp, Transact. Am. Inst. Min. Eng., XXXI, 1902, 263—265.

setzenden Wasser ein Hindernis entgegenstellten und deshalb den Boden des eisernen Hutes bilden. Infolge der sekundären Umwandlungen ist das Nebengestein des eisernen Hutes stark zersetzt und im Niveau des „Schwarzkupfers“ 10—12 Fuß weit mit Malachit imprägniert. Die Schwarzkupferzone ist gegenwärtig im ganzen Ducktowndistrikt abgebaut. Zwei Analysen Trippels hatten einen Kupfergehalt von 45—75%<sub>0</sub> ergeben.

4. Die sulfidischen Erze treten im allgemeinen in den Schiefeln als Schmitzen oder sogar als papierdünne Streifen oder als mächtige, fast reine, linsenförmige Einschaltungen auf. Die frischen Sulfide bestehen in der Hauptsache aus Magnetkies; Pyrit ist untergeordnet und überwiegt den letzteren nur stellenweise. Der Magnetkies ist so innig durchwachsen von Kupferkies, daß das Erz ein Kupfererz mit einem Kupfergehalt von durchschnittlich 5—7 $\frac{1}{2}$ %<sub>0</sub> (auf den nordwestlichen Gruben) wird. Zinkblende und Bleiglanz sind spärlich vorhanden. Vorwaltende Lagerart ist Aktinolith, daneben tritt seltener Diopsid, häufiger Granat und ziemlich häufig Zoisit, dieser mitunter in langen Prismen auf. Kalkspat, Quarz, sehr selten auch Apatit und Rutil (?) sind weitere Bestandteile der Lager. Wird noch hinzugefügt, daß die Erze etwa folgende Altersreihe bilden: Pyrit, Blende, Bleiglanz, Magnet- und Kupferkies, und daß die letzteren offenbar auch als jüngere Ansiedelungen vorkommen, stets jünger sind als die Silikate, und daß besonders der Kupferkies gern auf Rissen in den letzteren auftritt, dann ergibt sich von selbst die große petrographische Analogie der Kieslager von Ducktown mit den alpinen und norwegischen Kieslagern. Bemerkenswert ist das Vorkommen einer graphitähnlichen Substanz, die vielleicht aus eingedrungenen Kohlenwasserstoffen hervorgegangen ist. Im übrigen sei auf die mikroskopischen Untersuchungen Kemps verwiesen.

Im ganzen ist die Verteilung zwischen Erz- und Lagerarten insofern keine ganz gleichmäßige, als z. B. auf der Polk-Grube das Hangende besonders reich ist an Magnetkies, das Liegende aber vorzugsweise aus einer strahligen Masse von Hornblende besteht, in deren Zwischenräumen sich der Kupferkies verfestigt hat. Dieser Teil der Lagerstätte ist also der reichere; übrigens fehlt Hornblende auch in dem dichten Magnetkies nicht. Die Erzmasse wird endlich von Lagen eines Glimmerschiefers durchzogen, der selbst wieder Erzschnitzen enthalten kann.

Wie das sehr häufig, ja wohl meistens an Kieslagern beobachtet wird, so sind auch die in das gefaltete Schiefergebirge eingeschalteten mächtigen Erzlager von Tennessee von Gleitflächen begrenzt. Wenigstens beobachtete Henrich solche stets im Hangenden und vermutet sie auch für das weniger oft durchfahrene Liegende derselben.

Wiewohl die Kieslager von Ducktown als konkordant eingelagerte Glieder einer sedimentären Schichtfolge eine zweifellose Lagernatur zur Schau tragen, so haben doch die amerikanischen Geologen seit Jahren scheinbar niemals eine sedimentäre Entstehung derselben der Erörterung für wert gehalten. Und obwohl sie nach allem den norwegischen Kieslagern entsprechen, so hat man doch auf sie niemals die späteren Anschauungen Vogts übertragen. Vielmehr hat man die schon von v. Cotta 1864 für das Rammelsberg-Lager vermutete Entstehungsweise neuerdings auch hier behaupten wollen; die Lager sollen nämlich mit oder ohne teilweise Verdrängung ihres Muttergesteines epigenetisch

durch Imprägnation entstanden sein. Doch gehen die Ansichten der amerikanischen Geologen auch hierin auseinander und stimmen nur darin überein, daß die Gleitflächen oder durch Zerrüttung des Gesteines entstandene Spalten die Zufuhrkanäle für die erzbringenden Lösungen gewesen seien. So glaubt Henrich, daß sich an Stelle der jetzigen Lager Gänge eines eruptiven Pyroxengesteines befunden hätten. Von den Gleitflächen aus seien die Erze zugeführt worden, welche alle Gesteinsgemengteile bis auf den Pyroxen verdrängt, den letzteren aber in Hornblende umgewandelt hätten. Zu gleicher Zeit habe sich auch der Granat gebildet. Nach ihm sollen die im Erz auftretenden Glimmerschieferlagen Bruchstücke des Nebengesteines sein, die als solche schon im Eruptivgestein enthalten waren und bei der intensiven Umwandlung des letzteren also unversehrt geblieben sein mußten. Auch Weed nennt die Lagerstätten Verdrängungslagerstätten und nimmt an, daß die jetzigen Lagerarten früher die Lager gebildet hätten und später, durch Erzlösungen großenteils verdrängt, aufgelöst worden seien. Kemp macht aber mit vollem Recht auf die Tatsache aufmerksam, die sich ganz ähnlich auch in anderen analogen Kieslagern beobachten läßt, daß nämlich die Silikate, der Kalkspat und der Quarz fast immer mit scharfen Rändern gegen die Erze grenzen und eine Anätzung der ersteren durch letztere nicht beobachtet werden könne. Er erörtert auch die Frage, ob nicht etwa das jetzige Muttergestein der Erze einmal ein Gabbro gewesen sein könne, der, während er sich durch Regionalmetamorphose in ein Zoisitaktinolithgestein umwandelte, durch Erzlösungen teilweise verdrängt wurde. Für am wahrscheinlichsten hält Kemp aber die folgende Entstehung: „Es ist klar, daß nach der Bildung des Amphibols, Granats, Zoisits und Epidots — die wahrscheinlich durch Metamorphismus aus einem kalkigen Gestein hervorgegangen sind — an den Stellen, wo wir jetzt die Erze finden, eine Störung oder zum mindesten eine Gebirgsbewegung und Zermalmung eintrat. Diese Vorgänge fanden dort statt, wo das Gestein besonders reich war an Kalk. In dieses zerquetschte und wahrscheinlich mehr oder weniger aufgelockerte Material traten die erzbringenden Lösungen ein. Auf der Burra-Burra-Grube ward zuerst Pyrit abgesetzt, dann Magnet- und Kupferkies. Anderswo wurde nur Magnet- und Kupferkies eingeführt, der letztere wahrscheinlich später und nachdem sich nochmals eine Bewegung des Nebengesteines ereignet hatte. Die Sulfide siedelten sich auch in den Rissen der Silikate und bis auf einige Entfernung von den Lagerstätten im Nebengestein an.“ Die Annahme, daß die Lager aus silikatführenden Kalksteinen entstanden sein könnten, indem der Kalk verdrängt, die Silikate dann von den Erzen umhüllt worden wären, lehnt Kemp ab, weil dann im Fortstreichen der Lager der Kalkstein noch nachzuweisen sein müßte.

Gegenüber dem Kemp'schen Erklärungsversuch erscheint es rätselhaft, wie bei einer so intensiven Zirkulation von metallhaltigen Lösungen die Silikate, wie besonders Zoisit, Granat und Diopsid, frisch und unversehrt bleiben konnten, so daß sie in ihrer ursprünglichen Zusammensetzung im Erze eingeschlossen liegen. Denkt man sich weiterhin aus den Erzstufen von Ducktown, in denen lange, unter sich nach allen Richtungen verwachsene Zoisitprismen eingebettet liegen, die Sulfide entfernt, dann gelangt man zu der sonderbaren Vorstellung eines skelettartigen Gitterwerks mit großen Hohlräumen, das so lange als solches zwischen den Schieferbänken eingeschaltet gewesen sein müßte, bis zufällig zu irgend einer Zeit die Sulfide alle jene Lücken ausgefüllt und aus jenem Fachwerk von Kristallen eine derbe Gesteinsbank gemacht hätten.

Die Hauptgruben von Ducktown sind die Burra-Burra, Old-Tennessee, London, East Tennessee (alle vier im westlichen Teil des Gebiets gelegen), die Polk County, Mary und Calloway (im Südosten) und die Culchote und Isabella (im Zentrum des Felds). Das ganze Gebiet hat eine Länge von etwa 10 und eine Breite von 2—3 km. Die alten Ureinwohner haben schon aus jenen Lagerstätten Kupfer gewonnen. Seit der Besiedelung durch die Weißen ist in dieser

Gegend Tennessees erst um 1850 Erz bekannt geworden; man entdeckte damals die „Schwarzkupfererze“, deren weite und reichliche Verbreitung anfangs der 50er Jahre ein Minenfieber erzeugte. Schon in den Jahren 1850—1853 waren 14 300 t reiche Kupfererze erzeugt und zur Verhüttung nach England gesandt worden.

Die nordamerikanischen Ost- und Südstaaten haben im Jahre 1902 etwa 6000 t Kupfer produziert (gegenüber einer Produktion von über 275 000 t in der gesamten Union). Der größte Anteil davon fällt auf Tennessee. Man hofft auch den Magnetkies in größerem Maßstab für die Schwefelsäureherstellung verwerten zu können.

In Louisa County, Virginia, werden an verschiedenen Stellen Linsen von Pyrit in kristallinen Schiefen ausgebeutet. Dieselben sollen nach W. H. Adams<sup>1)</sup> kupfer- und arsenfrei sein. Über die Vermont-Kupfergrube (Ely-Mine) in dem Flußgebiet des Connecticut-River in den nördlichen Ver. Staaten hat Kochinke<sup>2)</sup> berichtet. Dieselbe war ehemals eine der bedeutendsten Kupferminen der Union. Die Grube liegt in den Green mountains; das Nebengestein der unter etwa 26° einfallenden Erzlinsen ist ein granatreicher Glimmerschiefer (? und Graphitschiefer).<sup>3)</sup> Im Jahre 1892 kannte man zwei Lager, von denen das eine erst bei 1800 Fuß Teufe und 15—20 Fuß unter dem bis dahin bearbeiteten angefahren wurde. Das Erz ist zumeist Magnetkies; er wird durchsetzt von Quarz und umschließt Kupferkies und wenig Zinkblende. Der Silbergehalt der Erze beträgt 0,01—0,03%, der Nickelgehalt ist sehr gering, der Kupfergehalt erreicht 7—8%. Die höchste Produktion mit 3 Mill. Pfd. Kupfer fiel in den Beginn der 80er Jahre. Das Hauptlager ist etwa 4 m mächtig und 400 m weit im Ausstrich zu verfolgen. Ende der 40er Jahre wurde es entdeckt, als man auf seinen eisernen Hut aufmerksam wurde.

Im Singhum-Distrikt und im Staat Dhalbhum in Bengalen liegen wohl die wichtigsten Kupferlagerstätten der indischen Halbinsel. Sie treten lagerförmig in kristallinen Schiefen innerhalb einer Zone auf, welche sich, kenntlich an alten Bergbauen, etwa 100 km weit verfolgen läßt. Kupferglanz und Kupferkies sind scheinbar fahlbandartig durch kristalline Schiefer verteilt oder sie bilden derbe Einlagerungen parallel den Schichten. Von 1857—1859 hat man zu Landu und Jamjura Bergbau versucht, und neuerdings wurde auch zu Rakka die Ausbeutung zweier 2 bzw. 3 Fuß mächtiger, aus Quarz und Kupferkies bestehender Lager unternommen, welche im Chloritschiefer eingebettet liegen. Dieser letztere ist in etwa 100 m Mächtigkeit mit Kupferkies durchwachsen.<sup>4)</sup>

In früheren Zeiten hatten die Kupfererzlagerstätten der Insel Anglesea<sup>5)</sup> an der Westseite von England eine hervorragende Bedeutung. Ob dieselben

<sup>1)</sup> The pyrites deposits of Louisa County, Va.; Transact. Am. Inst. Min. Eng., XII, 1884, 527—535.

<sup>2)</sup> Berg- u. Hüttenm. Ztg., LI, 1892, 297—300. — Howe, The Elizabeth copper mine, Vermont; Eng. Min. Journ., XLII, 1886, 327. Gibt für die Länge des Lagers 250, für die größte Mächtigkeit 64 Fuß an.

<sup>3)</sup> Cazin, Transact. Am. Inst. Min. Eng., XXIII, 1894, 605—606.

<sup>4)</sup> Stöhr, Das Kupfererz-Vorkommen in Singhum, Provinz der Südwestgrenze von Bengalen; N. Jahrb., 1864, 124—160. — Harris, Journal of the Society of chem. Industry in London, XII, 1893, 988; Ref. Ztschr. f. prakt. Geol., 1894, 74. — Phillips-Louis, Ore deposits, 1896, 581—582.

<sup>5)</sup> Die obige Darstellung nach Phillips-Louis, Ore deposits, 1896, 300—304. Diesen diente als Quelle T. F. Evans, „The Mines of the Parys Mountain“; Transact. Manch. Geol. Soc., XIV, 1878, 357. — C. F. Naumann zitiert in seiner Geognosie, 2. Aufl., III, 488. Hawkins, Transact. Geol. Soc. of Cornwall, III, 284 f. und Fournet in Burat, Traité de géognosie, III, 565. — R. Hunt, British Mining, 1887, 444—454.

wirklich zu den Kieslagern gehören und sich etwa mit dem Lager im Rammelsberg bei Goslar vergleichen lassen, ist ganz zweifelhaft. Die geologischen Kenntnisse von dem Vorkommen sind überhaupt unzureichende.

Die Gruben liegen etwa 3,5 km von der Nordküste der Insel entfernt an dem 150 m hohen Parys-Berg bei der Stadt Amlwch. Der letztere besteht hauptsächlich aus SW.—NO. streichenden silurischen Schieferen mit zwischengelagerten Feldspat-Gesteinen („feldspathic rock“), die scheinbar noch nicht genauer untersucht sind, aber für eruptiv gehalten werden. Man kennt zwei solcher Lager von „feldspathic rock“, außerdem einen mächtigen „Quarzgang“, der sich an der Nordseite des Berges an den einen derselben anlegt und den Gipfel des Berges ausmacht. Dieser sog. Carreg-y-doll Lode hat eine Mächtigkeit von 5—60 Fuß und führt stellenweise abbauwürdige Nester von Kupferkies, dagegen nur wenig Schwefelkies, und hat gewaltige Drusenräume, die mit Kristallen besetzt sind. Eine solche Druse war 16 m lang und 4 m hoch. Eine andere Lagerstätte ist am Nordwestabhang des Berges bekannt geworden. Sie bestand aus Quarz und Kupferkies, lag in hartem Tonschiefer und ließ sich 180 m weit im Streichen verfolgen. Sie ist jetzt ganz abgebaut, nachdem sie für etwa 20 Mill. Mark Kupfer ergeben hatte.

Zwischen der einen Masse von „feldspathic rock“ als Hangendem und den Tonschiefern als Liegendem befindet sich die wichtigste der Lagerstätten von Anglesea, ein gewaltiges Lager, das zu einem 110—140 Fuß tiefen und etwa 50000 qm Oberfläche umfassenden Tagebau Anlaß gegeben hat. Die Erzmasse besteht aus drei Zonen, nämlich vom Hangenden nach dem Liegenden aus: 1. Pyrit, 2. Kupferkies, 3. dem sog. „blue stone“, welcher nach Claudet<sup>1)</sup> folgende durchschnittliche Zusammensetzung hat:

Blei . . . . .	14,46
Kupfer . . . . .	2,13
Zink . . . . .	27,89
Eisen . . . . .	11,45
Schwefel . . . . .	29,05
Gangart . . . . .	14,47
	<hr/>
	99,45

Außerdem Spuren von Gold und 0,0002% Silber.

Während der Pyrit und der Kupferkies stets mit Zwischenlagerungen von „feldspathic rock“ und Quarz verbunden sind, enthält der „blue stone“ nur selten Quarz. Er bildet eine ganz unregelmäßige Masse, bald bis zu 50—60 Fuß anschwellend, bald nur wenige Zoll dick, und zuweilen verschwindet er ganz. Seine recht komplizierte Zusammensetzung bereitet der technischen Verwertung Schwierigkeiten. Sowohl der blue stone wie die Pyritzone spitzen sich scheinbar in der Tiefe aus, während die Kupferkieslage eher mächtiger zu werden scheint. Nach Hawkins soll eine Gabelung des Lagers im Streichen stattgefunden haben.

Da die Grubenwässer bedeutende Mengen von Kupfervitriol enthalten, so werden sie zur Herstellung von Zementkupfer benutzt, wobei auch größere Mengen von Eisenocker gewonnen werden, der als Farbe usw. in den Handel kommt. Die Produktion befindet sich in starkem Niedergange, sie betrug:

	Ocker	Kupfer	Blue stone
1881 . . .	31011	768 (z. T. als Erz)	2305 long tons.
1894 . . .	1175	230 (Zementkupfer)	955 „ „

Der Bergbau auf Anglesea ist erst 1768 in großartigem Maßstabe aufgenommen worden. Die höchste Blüte desselben fällt in das Jahr 1784, wo

<sup>1)</sup> Zitiert von Phillips.

die Parys Mine etwa 3000 t Kupfer lieferte; bis dahin hatten die Kupfergruben von Cornwall den englischen Kupfermarkt beherrscht.<sup>1)</sup>

Zu den Kieslagern zählen auch die großartigen, in der ersten Zeit ihrer Erschließung besonders ergiebigen Lagerstätten am **Mount Lyell**<sup>2)</sup> in Tasmania; indessen sind dieselben wenigstens teilweise noch wenig bekannt. Im großen ganzen können sie als Kupferlagerstätten bezeichnet werden, liefern aber auch Gold und Silber.

Die Mount Lyell-Gruben befinden sich nahe der Westküste von Tasmanien, südöstlich von den Silbergruben von Zeehan und Dundas, 72 km südlich von den Zinnerzlagerstätten des Mount Bischoff und etwa 23 km landeinwärts von dem Hafenort Strahan. Die Lagerstätten liegen in einem von dichter Vegetation bekleideten, wasserreichen Mittelgebirge, der „Geologists Range“ (die Berge sind großenteils nach bekannten Geologen usw. benannt) und sind erst im Jahre 1883

aufgefunden worden. Das Gebiet ist noch wenig erforscht, soll indessen außerordentlich erzeich sein. Dem Nebengestein der Lager wird silurisches Alter zugeschrieben. Sie fallen sehr steil, fast senkrecht ein, ruhen auf quarzitischen Konglomeraten und Sandsteinen, die ihrerseits in Schiefer überzugehen scheinen und solche umschließen, und werden von glimmer- und chloritreichen Schiefen, z. T. von wirklichen Chloritschiefen bedeckt.

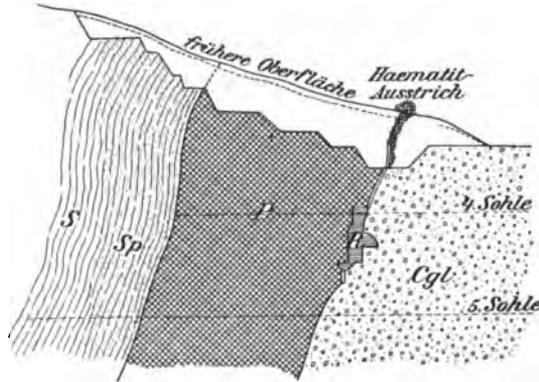


Fig. 76. Das Mount Lyell-Kieslager. *S* Chloritschiefer; *Sp* dieselben reichlich mit Kiesen durchwachsen; *P* das Kieslager; *Cgl* Konglomerate; *E* sekundäre Reicherze. (Daly, 1900.)

Die Chloritschiefer werden von Haber vorläufig als Schalsteine bezeichnet und ihre Entstehung auf Diabaseruptionen zurückgeführt. Diese „Schalsteinzone“ über dem Konglomerat, die „eine querschlägige Breite von ungefähr 2000 m besitzen mag, ist als erzführend bekannt. Man kann wohl sagen, daß diese ganze Zone durchsetzt ist von fein kristallisiertem Schwefelkies mit wechselnden

<sup>1)</sup> Siehe das Geschichtliche in dem Schriftchen A. G. L. Lentins, Briefe über die Insel Anglesea, vorzüglich über das dasige Kupfer-Bergwerk. Leipzig 1800.

<sup>2)</sup> Peters, Report on the property of The Mt. Lyell Mining and Railway Co., Melbourne 1893. — Wilson, Minerals and mining in Tasmania; Transact. North of England Inst. Min. and Mech. Eng., XLIII, 1893, 384—393; Ref. Ztschr. f. prakt. Geol., 1895, 85—87. — O. G. Schlapp, Brief vom 24. VIII. 1893 an Stelzner. — Daly, The Mount Lyell copper deposits, Tasmania. A paper to be read before the Institution of Mining and Metallurgy, London, 19. XII. 1900. — Haber, Die geschwefelten Erzvorkommen an der Westküste von Tasmania; Ztschr. f. d. Berg-, Hütten- u. Sal.-Wes., 1900, 432—459.

Beimengungen von Kupfererzen und Edelmetallen. Die Erzverteilung ist jedoch durchaus unregelmäßig. Während im allgemeinen der Erzgehalt des Schalsteines nur bei scharfer Vergrößerung sichtbar wird und ein Gehalt an edleren Metallen sich nur in Spuren nachweisen läßt, finden sich, offenbar der Gebirgsschichtung folgend, Gürtel und Zonen mit höherem Erzgehalt, welche Fahlbänder genannt werden mögen. Ihre Mächtigkeit wechselt von wenigen bis über 100 m und entsprechend scheinen sie in der Länge verschiedentlich auszuhalten“. Auch Baryt findet sich in den Schiefen neben den Kiesen.

Diese Fahlbänder haben nur geringe technische Bedeutung gewonnen. Im Gegensatz zu den Chloritschiefern enthalten die Quarzkonglomerate des Liegenden keine Erze. Bemerkenswert ist, daß die Schiefer-Konglomeratgrenze ausgezeichnet ist durch einen Hämatitgehalt, der auch dort auftritt, wo keine Sulfid-anreicherungen sind.

Eine Anreicherung von Sulfiden findet sich unter anderem in drei Erzmassen: dem Mount Lyell-, dem North Mount Lyell- und dem Tharsis-Lager. Sie liegen, wie gesagt, auf der Grenze zwischen den Konglomeraten und den hochgradig gefalteten Schiefen und sind längs des Streichens derselben durch arme Zonen voneinander geschieden. Ihre Gestalt ist linsenförmig, ihre Längsachse parallel dem Kontakt zwischen den Schiefen und Konglomeraten.

Das Mount Lyell-Lager, das größte von den dreien, ist eine Masse von derbem Kies, etwa 170 m lang und 60 m dick. Es besteht nach Peters aus etwa 83% Eisenkies, 14% Kupferkies, 2% Schwerspat und 1% Kieselsäure. Im Jahre 1900 enthielt das Erz nach Daly 2,71% Kupfer und ca. 70 g Silber und 3 g Gold in der Tonne. Innerhalb sechs Monaten des gleichen Jahres gab das Lager etwa 151000 t Erz; in früherer Zeit waren die Gehalte an Kupfer, Silber und Gold etwas höher und beliefen sich im allgemeinen Durchschnitt bisher auf 3,52% Kupfer, 108 g Silber und 4 g Gold in der Tonne. Blei und Zink fehlen fast ganz, Arsen und Antimon sind nur spurenweise vorhanden. Durch sekundäre Prozesse hat der Metallgehalt im Liegenden des Lagers eine sehr bemerkenswerte und wichtige Konzentration erfahren. Besonders an seinem südlichen Ende hat sich nämlich längs der Konglomerate durch eine Gebirgstörung, welche das Lager ziemlich scharf gegen Westen gepreßt hat, eine Zerrüttungszone gebildet, in welcher neben einem hochgradig verquarzten Gemisch von Quarzit- und Schieferbruchstücken silber- und kupferreiche Kiese sich ansiedelten. Diese reichen Massen bedingten in der ersten Zeit einen sehr gewinnvollen Abbau, der die Mittel zu der großartigen Erschließung des Lagers geboten hat. Die Länge dieser epigenetischen Ansiedelungen sekundären Erzes wechselte zwischen 5 und 10 m, ihre Dicke von wenig Zoll bis zu 2—2,5 m. Sie konnten bis zur Teufe von fast 30 m verfolgt werden und ergaben 930 t Erz mit 26400 kg Silber und über 180 t Kupfer, welche einen Reingewinn von 2140000 M. bedeuteten. Eine einzige Masse von 10 Kubikfuß Inhalt hat innerhalb zweier Wochen für 360000 M. Erz geschüttet. Drei Arbeiter genügten, um in der Woche durchschnittlich über 310 kg Silber zu gewinnen.

Eine zweite sekundäre Erzanreicherung, analog der vorigen, ist an der Stüdecke des Lagers und gleichfalls am Kontakt mit den Konglomeratschichten

entdeckt worden; das Erz ist Buntkupfererz und Kupferkies mit quarziger Gangart und enthält 13,2% Kupfer, 360 g Silber und 3 g Gold in der Tonne. Man nimmt an, daß diese Erze dem Kiesstock durch Auslaugung entzogen worden seien, und es wird dann wohl am natürlichsten sein, ihren Ursitz in den ehemals durch Erosion zerstörten Teilen desselben zu suchen. Als sekundäres Erz findet sich am Mount Lyell auch Stromeyerit  $(\text{Cu, Ag})_2\text{S}$ .

Die Tharsis-Grube baut auf einer Zone von Schiefen, welche, auch hier wieder längs des Kontakts mit quarzitischen Konglomeraten, reichlich mit Kupfererz imprägniert sind, ohne daß es scheinbar zur Bildung eines derben Kieslagers gekommen ist. Das Vorkommen liegt etwa  $1\frac{1}{2}$  km von dem vorigen entfernt. Abbauwürdig scheint eine ungefähr 60 m lange und 12 m breite Masse zu sein, die aus stark zerklüftetem, durch Störungen aufgelockertem Chloritschiefer besteht, in welchem das Erz nicht als Kupferkies, wie gewöhnlich, sondern als sekundäres Buntkupfererz auftritt. Auch der Umstand, daß innerhalb dieser Masse „Talkschiefer“ das kupferführende Gestein ist, weist auf sekundäre Prozesse in einer Zerrüttungszone hin, wobei auch der Chloritschiefer verändert worden ist. Der Kupfergehalt dieser angereicherten Massen sinkt kaum unter 5%.

Das North Mount Lyell-Lager hat sich bis jetzt als das kupferreichste erwiesen. Es liegt längs der Grenze zwischen erzhaltigen Chloritschiefen und Konglomerat und streicht zu Tage mit etwa 40 m Länge und 21 m Breite aus. Das Liegende des Lagers — ein hartes, dichtes Konglomerat — ist ganz frei von Erz. Aus Dalys Beschreibung läßt sich nicht mit Sicherheit entnehmen, ob es sich hier um einen massiven Kieskörper oder um eine sekundäre, durch Klüfte und Verwerfungen geförderte Anreicherung des in den Chloritschiefen enthaltenen Kupfererzes zu einer stockförmigen Imprägnationszone handelt. Indessen scheint ersteres der Fall zu sein. Da der Kies mindestens bis in die Tiefe von etwa 100 m in Buntkupfererz umgewandelt ist, so enthält das reichste Erz bis zu 25% Kupfer, die durchschnittliche Förderung 8—15% Kupfer, 146 g Silber und 0,3 g Gold in der Tonne. Nach der Tiefe geht das Buntkupfererz mehr und mehr in Kupferkies über. Daly bezeichnet die North Mount Lyell-Grube als die reichste Kupfergrube Australiens. Die Erze werden an Ort und Stelle in großartigen Hüttenanlagen verschmolzen.

Die Erzlager vom Mount Lyell sind ein ausgezeichnetes Beispiel für die Veredelung an und für sich nicht eben reicher Lagerstätten durch sekundäre Prozesse und sie stellen sich in solcher Hinsicht in ihrer Art ebenbürtig an die Seite der Bleiglanzlager von Broken Hill zur ersten Zeit ihrer Aufschließung. Es scheint kaum zweifelhaft zu sein, daß dieselben in ihrem primären Zustand ein völliges Analogon zu den Kieslagern von Norwegen und Rio-Tinto bilden, wie das auch von Schlapp, Peters und Daly ausgesprochen wird. Eine Umwandlung des Erzes bis in größere Teufen wurde offenbar durch die hügelige Beschaffenheit des Bergbauterrains begünstigt, und es ist auch hier wohl anzunehmen, daß die angereicherten Metalle, und zwar vor allem das Silber, den jetzt nicht mehr existierenden, höher gelegenen Teilen der Kiesmassen entstammen und nach abwärts gewandert sind. Das Silber und Kupfer versickerte sozusagen

in der Ebene des Lagers, während das Eisen diese Wanderung nur teilweise mitmachte, zum großen Teil vielmehr im eisernen Hute verblieb.<sup>1)</sup>

Man war im Jahre 1883 zuerst auf den 9 m mächtigen eisernen Hut des Mount Lyell aufmerksam geworden, als man in einem Bache Schwemmgold auffand, dessen Herkunft auf eben jenen hinwies. Im eisernen Hut selbst fand man dann Gold und verarbeitete den Lagerausstrich bis zum Jahre 1890 als Golderz; man erzeugte im ganzen etwa 52 kg Gold und 26 kg Silber und mußte den wenig ergiebigen Bergbau schließlich unter Zubeße aufgeben. Besonders den Bemühungen des Freibergers Schlapp ist es dann gelungen, den Bergbau auf die sulfidischen Erze zu seiner gegenwärtigen Höhe zu heben.

Ähnliche Verhältnisse wie am Mount Lyell scheinen auch am **Mount Reid**, nördlich von letzterem, zu herrschen.<sup>2)</sup> Die in baryt- und kiesführenden Chloritschiefern (Schalsteinen, nach Haber) auftretenden Lager sollen aber reicher an Zink und Blei sein.

**\* Die gemeinschaftlichen Merkmale der metamorphen Kieslager und Schlüsse auf deren Entstehungsweise.**

Die in metamorphen Schiefen eingelagerten, von jeher als Kieslager bezeichneten Lagerstätten können ganz allgemein in drei Gruppen unterschieden werden:

1. Der weit verbreitete Typus der kupferführenden Schwefel- oder Magnetkieslager, deren bekannteste Beispiele in Europa die Vorkommnisse von Norwegen und Schmölnitz, in Amerika dasjenige von Ducktown bilden. Sie sind im allgemeinen arm an Quarz und nicht an Kalksteine gebunden.

2. Die Kieslager im „Facieswechsel“ (nach Canaval, siehe S. 276). Diese untergeordnete Gruppe tritt in Verbindung mit Kalksteinen auf und enthält in manchmal unregelmäßiger Verteilung gelegentlich reichlich Bleiglanz und Zinkblende. Ihre Entstehungsweise ist ganz unsicher, sie sind indessen einstweilen im vorigen behandelt worden.

3. Die Kieslager vom Typus Bodenmais. Dieselben führen außer Pyrit und Magnetkies mehr oder weniger Bleiglanz, Kupferkies und Blende in inniger Durchwachsung mit Glimmer, Granat, Quarz, Feldspat usw. und vor allem mit Cordierit und Spinellen. Soweit sie genauer bekannt sind, scheint es, als ob ihre Bildung mit Intrusionen granitischen Magmas in Schiefer im Zusammenhang stehe und sie epigenetisch wären. Diese Gruppe würde die Kieslager von Bodenmais in Bayern, Långfalls, Bersbo, Åtvidaberg und Falun in Schweden als hauptsächlichste Glieder begreifen; sie sind in einem anderen Abschnitte beschrieben worden.<sup>3)</sup>

Die folgenden Ausführungen beziehen sich nur auf die Kieslager der unter 1. bezeichneten Gruppe. Dieselben sind besonders von den deutschen

<sup>1)</sup> Während die Beschreibung der Lagerstätten vorzugsweise der Arbeit Dalys entnommen ist, hat schon Stelzner im Jahre 1893 die obigen Ausführungen über die primäre Beschaffenheit und die sekundäre Veredelung derselben vorgetragen.

<sup>2)</sup> Haber, l. c. 445—449.

<sup>3)</sup> Stelzner hatte eine schichtige Natur derselben für wahrscheinlich gehalten.

Geologen, insbesondere von der Freiburger Schule und z. B. auch von v. Groddeck seit längerer Zeit als sedimentäre Bildungen betrachtet worden; dieser Auffassung hat sich auch für die norwegischen Kieslager eine kleine Anzahl norwegischer Autoren angeschlossen. Im ganzen neigte man indessen in Frankreich, Norwegen, England und besonders auch in Amerika zur Annahme einer epigenetischen Entstehungsweise. Überblickt man die Literatur über die Kieslager, so wird gewöhnlich nur die Entstehung eines Vorkommens, zumeist im Sinne einer Epigenese besprochen. Die Möglichkeit einer Syngeneise wird oft kaum berührt; der Autor fühlt die Schwierigkeiten, welche sich der Annahme eines sedimentären Sulfidabsatzes entgegenstellen, verzichtet deshalb auf die Folgerungen, welche sich häufig dennoch aus den geologischen Verhältnissen mit einer gewissen Dringlichkeit zugunsten desselben ergeben und ergeht sich statt dessen in Erklärungsversuchen, welche von vornherein den Stempel der Gezwungenheit an sich tragen, bei genauerem Zusehen aber sich mitunter nicht einmal mit den unzweideutigsten Eigenheiten der Lagerstätte vertragen. Es ist bezeichnend genug, daß die zugunsten einer Epigenese versuchten Erklärungen sogar in bezug auf dieselbe Lagerstätte häufig weit auseinander gehen, weil sie sich nicht auf den durch sachliche Beobachtung gegebenen Grundlagen bewegen.

Überblickt man die kupferführenden Schwefel- und Magnetkieslager der metamorphen Schiefer, so gewinnt man mehr und mehr den Eindruck, daß — etwa mit Ausnahme der Lagerstätte von Agordo — alle nicht nur in stofflicher und mineralogischer Beziehung, sondern auch nach ihrem geologischen Auftreten einen wohl charakterisierten Lagerstättentypus bilden; die Beziehungen zwischen den besser bekannten Gliedern desselben sind so innige, daß Folgerungen auf die Entstehungsweise des einzelnen nur im Hinblick auf die ganze Gruppe gezogen werden dürfen, und es ergibt sich dabei, daß alle auf dieselbe Weise gebildet sind und nur syngenetisch sein können.

Die meisten der nachstehenden Bemerkungen sind auch auf die zweite Gruppe der Kieslager, nämlich die in normalen Tonschiefern auftretenden, anwendbar.

Wenn die Kieslager epigenetische Lagerstätten wären, dann müßten sie erstlich in jedem beliebigen Nebengestein vorkommen, zweitens innerhalb desselben in jeder Lagerung auftreten können, und es müßten dann ihnen stofflich und strukturell ganz analoge Kieslagerstätten, entsprechend den am weitesten verbreiteten epigenetischen Lagerstätten, den Gängen, das letztere durchschneidend, anzutreffen sein. Ferner müßten sie mit den Gängen die strukturellen Eigenschaften gemeinsam haben.

Die enge Verwandtschaft zwischen den in Rede stehenden Lagerstätten tritt zunächst dadurch hervor, daß sie diesen Bedingungen nicht entsprechen.

1. Alle beschriebenen Vorkommnisse sind eingelagert zwischen Glieder geschichteter Komplexe, niemals sind sie innerhalb massiger Gesteine angetroffen worden. So kennt man z. B. innerhalb keines einzigen der weiten Granitgebiete eine den Kieslagern analoge Erzmasse als spätere Einlagerung. Sollte man auch annehmen dürfen, daß gewisse begleitende Schiefer umgewandelte Eruptivgesteine sind, so liegen doch die Lager nicht in diesen, sondern sie treten schichtförmig

außerhalb derselben auf. Sie kommen nicht zwischen oder in Kalksteinen vor, sondern die Kieslager der hier in Rede stehenden Art, nämlich die kupferführenden Schwefelkies-Magnetkieslager scheinen dem Kalkgebirge geradezu fremd zu sein; ihr Nebengestein bilden Schiefer.

Die folgende Zusammenstellung ergibt ein sehr bemerkenswertes Resultat; sie verzeichnet die Muttergesteine der im vorigen näher beschriebenen Kieslager:

Kallwang . . . . .	Hornblendeschiefer.
Lamnitzthal . . . . .	Biotithornblendeschiefer.
Wellathal . . . . .	Chloritschiefer.
Knappenstube . . . . .	Hornblendeschiefer.
Panzendorf . . . . .	Amphibolit.
Ahrntal . . . . .	Hornblendeschiefer.
Agordo . . . . .	Graphit- und Sericitschiefer.
Pinerolo . . . . .	„Grünschiefer“.
Schmölnitz . . . . .	„Phyllite“.
Požoritta . . . . .	„Chloritschiefer“.
Balán . . . . .	„Chloritschiefer“.
Wicklów . . . . .	Hornblendeschiefer.
Chessy . . . . .	Pyroxenschiefer.
Sain Bel . . . . .	Chloritschiefer.
Röros . . . . .	Glimmerschiefer.
Varald . . . . .	? Hornblendeschiefer.
Vignäs . . . . .	Hornblendechloritschiefer.
Sulitelma . . . . .	Amphibolzoisitschiefer.
Boßmo . . . . .	Amphibolchloritschiefer.
Sjangeli . . . . .	Hornblendeschiefer.
Ducktown . . . . .	Zoisithornblendeschiefer.
Vermont . . . . .	? Glimmerschiefer.
Anglesea . . . . .	?
Mount Lyell . . . . .	Chloritschiefer.

Unter 23 Fällen bildet nach den bisherigen Kenntnissen in 19 Fällen ein Chlorit-, Amphibol- oder Pyroxenschiefer das Muttergestein der Kieslager. Muß man auch annehmen, daß die obigen Bezeichnungen teilweise bei genauerer Untersuchung der Schiefer noch eine Modifikation erfahren dürften, so würde das doch an der Tatsache nichts ändern, daß fast immer die Kieslager an kieselsäure- und kaliarme, eisen-, kalk- und magnesiareiche Schiefergesteine gebunden sind, die man auf basische Eruptivgesteine oder deren Tuffe zurückzuführen pflegt.

2. Von allen Seiten wird zugegeben, daß die Kieslager konkordant oder fast konkordant in das Gestein eingeschaltet sind. Auffällige Überschneidungen des Nebengesteines und ein plötzliches unverkennbares Überspringen der ganzen Lagerstätte aus einem Schichtenkomplex in einen andern, wie das bei epigenetischen, zwischen die Schichten gelagerten Gängen (sog. Lagergängen) möglich ist, sind

nicht beobachtet worden. Charakteristisch für die kupferhaltigen Kiesmassen ist also nicht nur im metamorphen Schiefergebirge, sondern auch bei den jüngeren Vorkommnissen ihre mehr oder weniger vollkommene Konkordanz mit dem umgebenden Gestein. Die tatsächlich zu beobachtenden Abweichungen von denselben sind so geringe, daß sie, unter der Annahme einer Epigenese der Lager und als primäre Erscheinung aufgefaßt, eine sehr wunderbare Eigentümlichkeit darstellen würden; denn man müßte dann fragen, warum gerade diese Gänge das Nebengestein nur unter den spitzesten Winkeln durchschneiden. Die zutreffendste Annahme bleibt die, daß die Kieslager von Anfang an konkordant in den Schichten lagen, daß aber in stark gefaltetem und gepreßtem Gebirge die Konkordanz zwischen massigen Einlagerungen und dem leichter faltbaren Nebengestein infolge von Stauchungen und Gleitungen mehr oder weniger gestört werden kann. Damit erklären sich auch die Gleitflächen, welche so viele Kieskörper begrenzen und die sicherlich auch im Nebengestein anzutreffen sind, dort aber weniger oder nicht beachtet werden. Selbstverständlich müßte in jedem einzelnen Fall zum mindesten schon der Beweis erbracht sein, daß Schichtung und Schieferung nicht miteinander verwechselt worden sind; eine Unterscheidung, die sogar in der Nähe wohlbekannter Lagerstätten (z. B. des Rammelsbergs) verhältnismäßig erst spät gelungen ist.

Die besonderen Lagerungsverhältnisse haben diejenigen, welche in den Kieslagern jüngere Erzabsätze erblickten, seit langer Zeit dadurch erklären wollen, daß sie sie von einer Auflockerung der Schiefer längs der Gleitflächen oder von einer Aufblätterung derselben durch den Gebirgsschub sprachen. Diese schon von Kjerulf vertretene Auffassung ist durch die Fig. 74 (S. 300) verständlich. Denkt man an einen allmählichen Erzabsatz innerhalb dieser Hohlräume, so bleibt zunächst unverständlich, wie dieselben während aller Pressungen und Faltungen als leere Räume bestanden haben könnten; so müßten zu Rös Höhlen von etwa 2000 m Länge, über 100 m Breite und mindestens 5 m Höhe das Gebirge durchzogen und so lange offen gestanden haben, bis sie vollkommen von Erz erfüllt waren. Dabei wird niemals berichtet, daß der Boden jener angeblichen, jetzt ganz mit Erz ausgefüllten Höhlen mit Bruchstücken und Schollen des Höhlendaches bedeckt sei, wie das doch ganz natürlich wäre! Aufblätterungen des Schiefergebirges solcher Art sind zwar im kleinen Maßstabe bekannt; man hat auch gewisse australische Goldquarzgänge als Ausfüllung solcher Schichtenhöhlen erklärt (die sog. Saddle reefs von Bendigo). Immerhin aber bliebe es, abgesehen von allen anderen später zu besprechenden Umständen, welche gegen eine Gangnatur der Lager sprechen, unverständlich, weshalb gerade Massen von der Art der Kieslager an so vielen Orten solche Hohlräume ausgefüllt haben sollen.

Auch die Gleitflächen, welche gewöhnlich nicht nur die Kieslager, sondern auch die Eisenerzmassen der kristallinen Schiefer vom Nebengestein scheiden, hat man als Zufuhrkanäle für die Erzlösungen betrachtet. Solche Flächen sind, soweit sie der Schichtung parallel verlaufen, sehr häufig Überschiebungsfächen, Zonen höchsten Druckes und der Zermalmung. Wo sie in Ganggebieten auftreten, wie im Harz, sind gerade sie im allgemeinen für den Erzabsatz ver-

geschlossen geblieben, und die Erzführung der Gänge, die sich in ihnen zerschlagen, nimmt in ihnen ab. Gerade dort, wo wirklich eine Zirkulation von Metalllösungen stattfand, haben also sie derselben nicht als Wege gedient. Weiter sind diese Gleitflächen nachweislich jünger als die derben Kiesmassen. Schon die Kieslager der kristallinen Schiefer, wie diejenigen Norwegens, zeigen häufig eine ausgezeichnete bandstreifige Struktur. Die feinste Fältelung und Biegung der Lagen läßt erkennen, daß die Erze zweifellos vor der letzten Gebirgsfaltung schon vorhanden gewesen sein müssen; das wird allgemein zugegeben. Dafür aber, daß vor ihrer Bildung ein umgebende Gebirge schon eine solche erfahren habe, hat noch niemand einen Beweis erbracht. Dem Gebirgsdruck verdanken wohl auch die Lager ihre jetzigen, oft sehr verwickelten Formen. Wo viele solche Linsen oder Lineale nebeneinander liegen, mögen sie manchmal die deformierten Teile einer einzigen Masse sein. Derselbe Druck, der viele Quadratmeilen große Schollen, ja ganze Gebirge übereinander wegzuschieben vermag und der den ganzen, vom mittleren Norwegen bis zum hohen Norden reichenden Schichtenkomplex des skandinavischen Westens über das Silur hinweggeschoben hat, mußte auswalzend, auseinanderzerrend und -pressend auch auf die darin liegenden Kiesschichten wirken. In Rörös hat man erstlich den ehemaligen Zusammenhang einzelner Kieslineale erörtert. Wie die Kieslager im großen, so trägt auch das Erz selbst außer den erwähnten Erscheinungen im kleinen die Anzeichen solcher Deformationen an sich. Es sei da an die gerundeten, verschobenen und abgescheuerten Pyritkristalle der Sulitelmagruben, an die gebogenen und in der Lagermasse und mit dieser gepreßten und geschrammten Gesteinsfetzen inmitten jener Kieslager erinnert.<sup>1)</sup> Es ist selbstverständlich, daß mit den Zerrungen und Zerreißen auch Veränderungen in der ursprünglichen Erzverteilung Hand in Hand gegangen sein müssen. Wegen der vielfach gestörten Lagerung und der Einförmigkeit der Schichtenfolge innerhalb der Schiefer dürfte es stets schwer sein, eine Niveaubeständigkeit der Kieslager zu erweisen. Im weiteren Sinn scheint aber doch eine solche in den alpinen Kieslagern Kärntens, zu Ducktown und in Norwegen zu herrschen; am Sulitelma sind scheinbar fast sämtliche Vorkommnisse an eine Gesteinszone von verhältnismäßig sehr geringer vertikaler und sehr bedeutender horizontaler Ausdehnung gebunden.

3. Wären die Kieslager jüngere Erzanhäufungen in den Schiefen, so müßten sie neben den soeben besprochenen gemeinsamen Eigentümlichkeiten, welche allein höchstens rechtfertigen würden, ihnen eine nicht erklärbare Sonderstellung unter den epigenetischen Lagerstätten zuzuweisen, doch zahlreiche Eigenschaften besitzen, die mit der Entstehungsweise der letzteren in Verbindung stehen.

Wie sich späterhin zeigen wird, werden die epigenetischen Erzlagerstätten, und zwar besonders die Gänge, beherrscht von gewissen paragenetischen oder Assoziationsgesetzen. Gewisse Stoffe und aus diesen bestehende Mineralien

<sup>1)</sup> Stelzners Beschreibung S. 304—305. Über sonstige hier in Betracht kommende Erscheinungen siehe das auf S. 97—100 Angedeutete.

pflegen im allgemeinen miteinander vereinigt aufzutreten und solche Vereinigungen andere Stoffe und Mineralien geradezu auszuschließen. Man spricht deshalb von Gangformationen, d. s. die allorts wiederkehrenden Assoziationen von gewissen Erzen mit gewissen Gangarten. Als letztere spielen Quarz und verschiedene Karbonate, besonders aber Kalkspat, häufig auch Schwerspat und oft Flußspat eine wichtige Rolle. Solcher Gangformationen oder -Typen unterscheidet man sehr zahlreiche; schon Breithaupt hat gegen zwanzig aufgestellt. Nun ist es höchst auffällig, daß der Mineralbestand der Kieslager stets der Zusammensetzung der sog. kiesigen Bleiformation nahe kommt. Gänge dieser letzteren führen z. B. in Freiberg viel Quarz, Pyrit, Blende, Bleiglanz von mittlerem Silbergehalt, Arsenkies, Kupferkies, Markasit, daneben auch mancherlei Karbonate; in Clausthal und an anderen Orten enthalten die kiesigen Bleierzgänge viel Kalkspat. Ist es an und für sich schon hinreichend bezeichnend, daß nirgends schwerspatführende Kobalt-Nickelerzlager, Quarz-Antimonitlager, Lager der edlen Silberformation oder von Schwerspat, Eisenspat, Kupferkies und Fahlerz zu beobachten, daß nirgends Flußspatlager bekannt sind, so fällt auch an den Kieslagern weiterhin zweierlei auf: erstlich das ziemlich gleichbleibende Verhältnis zwischen den Metallen, ihr geringer Gold- und Silbergehalt, die ganz gewöhnliche Anwesenheit von geringen Kobalt- und Nickelmengen und zweitens das völlige Zurücktreten oder Fehlen der in den Gängen als Gangarten gewöhnlichen Erzbegleiter. Diese Tatsache könnte nicht deutlicher werden als dadurch, daß Schwefelkies auf Erzgängen überhaupt fast nie abbauwürdig ist, die Kieslager dagegen auch dann, wenn sie keine so enormen Mächtigkeiten haben, wie zu Sain Bel, Wicklow usw., die eigentlichen Pyritlagerstätten sind; ein sehr beträchtlicher Teil des auf der Erdoberfläche vorhandenen Schwefelkieses tritt überhaupt in der geologischen Form der Kieslager auf. Während in einem Kupferkiesgang gerade das Kupfererz den Gangarten untergeordnet zu sein pflegt, ja ersterer durch Vererbung zu einem Quarz-, Kalkspat- oder Sideritgang werden kann, so hat man nie beobachtet, daß aus einem Kieslager etwa im Streichen oder Fallen ein Quarz-, Kalkstein- oder Spateisensteinlager geworden wäre. Flußspat fehlt auf Kieslagern als primäre Lagerart überhaupt ganz. Bemerkenswert ist, daß Schwerspat mitunter auch von Kieslagern der metamorphen Schieferformation als Lagerart erwähnt wird (z. B. Chessy, Mount Lyell); massenhaft tritt er als zweifelloser Lagerbestandteil in den jüngeren Lagern von Meggen und im Rammelsberg auf.

Hervorzuheben ist ferner, daß der Magnetkies seine hauptsächlichste Verbreitung auf den Kieslagern der metamorphen Schiefer hat, während er auf den Erzgängen immer nur untergeordnet und dabei im allgemeinen gerade nicht auf den Gängen der kiesigen Bleiformation auftritt. Diese Tatsache steht wohl mit dem Metamorphismus der Kieslager ebenso in Beziehung, wie das massenhafte Vorkommen der wasserfreien Oxyde des Eisens auf den Eisenerzlagern der kristallinen Schiefer (s. S. 104). Ebenso mangelt das wichtigste Kobalterz, der Speiskobalt, auf den Lagern. Der Magnetit fehlt auf den gewöhnlichen, nicht pneumatolytischen Erzgängen ganz, auf den Kieslagern der kristallinen Schiefer ist er weit verbreitet.

Um die besondere stoffliche Gleichförmigkeit der Kieslager als epigenetische Lagerstätten zu erklären, hat Vogt in seinen späteren Arbeiten eine besondere Herkunft ihres Metallbestandes glaubhaft zu machen gesucht. Derselbe sollte von Intrusivgesteinen, und zwar insbesondere von Gabbroiden herkommen; an der Theorie war neu, daß sie von den Kieslagern Norwegens auch auf diejenigen von Agordo, Schmölnitz, den Rammelsberg und die carbonischen Kieslager von Rio-Tinto ausgedehnt wurde, denn für Norwegen war sie schon lange behauptet worden. Die Schwächen der Vogtschen Hypothese sind folgende: 1. Die Erfüllung muß mitunter auf Intrusivgesteine zurückgeführt werden, wo bis jetzt überhaupt noch keine Anzeichen von Eruptivgesteinen erkannt sind (z. B. zu Agordo oder bei einzelnen Vorkommnissen in Norwegen); 2. in recht vielen Fällen ist es ungewiß, ob die als metamorphe Eruptivgesteine gedeuteten Schiefer wirklich solche oder Tuffe derselben sind; 3. vielfach ist die von Vogt behauptete intrusive Natur der Gesteine nicht erweisbar oder geradezu bestritten worden; 4. bliebe die Annahme, daß Intrusivgesteine so enorme, zu ihrer eigenen Masse häufig in auffälligem Mißverhältnis stehende Sulfidmengen zu fördern vermögen, immer wieder hypothetisch; 5. könnte die Vogtsche Hypothese höchstens die stoffliche Verwandtschaft der Kieslager erklären; merkwürdig bliebe immer noch, weshalb dann die Erze nie als echte, mächtige Erzgänge, sondern stets in den angeblichen Schichtenaufblätterungen vorkommen, und andere sogleich zu erörternde Punkte. Die Vogtschen Anschauungen über die Entstehung der Kieslager sind zwar von manchen angenommen, indessen von niemand weiter gefestigt worden, haben aber auch andererseits schon wiederholte Angriffe erfahren; insbesondere in ihrer Anwendung auf das bestbekannte Kieslager, nämlich den Rammelsberg bei Goslar, sind sie, wie später ausführlicher gezeigt werden soll, ganz unhaltbar.

Sollten die Kieslager Spaltenfüllungen sein, dann müßten sie die Struktur der Erzgänge zeigen; das ist nicht der Fall. Ihre oft ausgezeichnete Lagerstruktur ist nie symmetrisch, wie so oft bei den Gängen; primäre Drusen, „Kokardenerze“, echte Gangbreccien fehlen. Ebenso hat man an den typischen Beispielen niemals beobachtet, daß etwa durch den Absatz der Erze die vermeintlichen Spaltenwände zersetzt worden wären, wie das bei Erzgängen die Regel ist und zur Bildung der Salbänder führt. Zwar zeigen auch die Gänge nicht selten eine Imprägnation des Nebengesteines mit Erz; sie reicht aber nie so weit wie bei den Kieslagern, die meistens von regelmäßig geschichteten, mitunter sehr mächtigen Fahlbändern begleitet werden, ja sogar in frisches kiesführendes Nebengestein eingebettet sein können.

Der hauptsächlichste Unterschied zwischen Kiesgängen und Kieslagern liegt aber darin, daß die letzteren immer nur als eine erzreiche Ausbildung von Schiefem auftreten, welche, sobald sie Erze führen, zwar manchmal gröber kristallin sind, im übrigen aber den in der Nachbarschaft verbreiteten Gesteinen entsprechen. Im Vergleich zu den letzteren können deshalb die in den Kieslagern auftretenden Silikate usw. nicht als Neubildungen bezeichnet werden, wie sie etwa in zermalnten Gesteinszonen gerade so wie längs der Erzgänge unter dem Einfluß der Metalllösungen entstehen müßten, — auch dann nicht,

wenn man annehmen sollte, daß diese mit Erzen imprägnierten Zermalmungszonen nach der Imprägnation wieder zu metamorphen Schiefem umkristallisiert wären, wie das vielleicht bei manchen der schwedischen „Skjölär“ der Fall war.<sup>1)</sup> Denn längs der Erzgänge verändert das Nebengestein durch Auslaugungen und Stoffzufuhr seine normale Beschaffenheit, in den Kieslagern und in deren Umgebung aber wird normales Gestein nur erzführend.

Aus verschiedenen Beispielen hat sich ergeben, daß der Sulfidgehalt der Kieslager in den metamorphen Schiefem vorhanden gewesen sein muß, als die letzteren in ihren jetzigen Zustand der Kristallisation eintraten. Denn mindestens ein Teil der Erze, nämlich der Schwefelkies und die Blende, zumeist auch der Magnetkies, wohl auch der Bleiglanz sind als ältere oder gleichalte Gemengteile mit den Silikaten in die Mineralkombination eingetreten. Ist Magnetit vorhanden, so ist dieser das älteste Erz; die Eisensulfide finden sich, manchmal gut kristallisiert, in den im übrigen gleichalterigen Bisilikaten. Der Kupferkies aber kommt scheinbar immer nur als jüngster Bestandteil vor, mindestens ist er stets jünger als die letzteren. Es sieht dann aus, als ob er in die Risse des Glimmers oder der Hornblende später eingewandert sei. Wollte man hieraus die Folgerung ziehen, daß dieses Erz erst später durch eine von der Gesteinskristallisation unabhängige Imprägnation in letzteres gelangt ist, so müßte man zugleich die unangängige Annahme machen, daß die älteren Sulfide und der Kupferkies genetisch voneinander unabhängige Erze seien. Das sehr merkwürdige Phänomen führt notwendigerweise zu der Annahme, daß während der verschiedenen Phasen, welche die Bildung eines kristallinen Schiefers offenbar, wenn auch weniger vollkommen als ein erstarrendes Eruptivgestein durchläuft, eine vielleicht wechselnde Menge von Schwefel, Eisen und Kupfer bis fast zuletzt unverfestigt geblieben ist und auch dann noch nicht zur Ausscheidung gekommen war, als durch den sicherlich waltenden Druck schon die älteren Abscheidungen zerquetscht oder aufgeblättert (z. B. der Biotit) worden waren. Aus dem noch nicht verfestigten Stoffvorrat würde sich dann der Kupferkies und vielleicht derjenige Magnetkies gebildet haben, der bisweilen als jüngere Bildung erwähnt wird. Die ganze Erscheinung ist durchaus analog der Ausscheidungsfolge der Kiese in den nickelführenden Gabbros und den Erzlagerstätten von Bersbo, Falun und Bodenmais, welche alle scheinbar aus den restigen Mutterlaugen<sup>2)</sup> eruptiver Magmen hervorgegangen sind. Die Annahme, daß die Sulfide in die fertiggelbildeten Gesteine eingedrungen wären, oder daß etwa gar Bestandteile der letzteren weggeführt, oder ganz oder teilweise aufgelöst („resorbiert“) worden wären, muß abgelehnt werden. Sie könnte nur einer ganz oberflächlichen Kritik des mikroskopischen Bildes entspringen. Die von manchen geäußerte Auffassung, als habe man es in den metamorphen Kieslagern mit zerrütteten und mit Erzen imprägnierten Gesteinen zu tun, findet durch nichts eine Bestätigung. Sie

<sup>1)</sup> Siehe S. 100.

<sup>2)</sup> Dieser Ausdruck soll nicht die Vorstellung wässriger Lösungen erwecken, weil dadurch gesagt wäre, daß die Ausscheidung der Erze dann erst unter der kritischen Temperatur des Wassers (etwa 365°) vor sich gegangen sei.

müßten dann von zahllosen makroskopischen und mikroskopischen Spältchen durchzogen sein und in diesen müßte sich wenigstens dann und wann eine mikroskopische Lagen- oder Drusenstruktur nachweisen lassen; das Altersverhältnis zwischen den einzelnen Sulfiden wäre dann in jedem einzelnen Falle ein so wechselndes, wie es auch auf Erzgängen keiner Gesetzmäßigkeit unterliegt.

Aus dem vorigen ergibt sich, daß die am besten bekannten Kieslager der metamorphen Schiefer keine epigenetischen Lagerstätten sein können; ihre innigen Beziehungen zum Nebengestein beweisen, daß sie mit diesem gleichzeitig entstanden sein müssen. Die Annahme, daß sie eruptiv („magmatische Ausscheidungen“) sein könnten, liegt so fern, daß sie einer eingehenderen Erörterung nicht bedarf; sie ist auch nur selten ausgesprochen und dann niemals begründet worden. Die Kieslager der metamorphen Schiefer müssen samt ihrem Nebengestein und samt den in ihnen eingebetteten Nebengesteinselementen (Lagerarten) den Metamorphismus erfahren haben. Derselbe äußert sich in mechanischen Veränderungen (Pressung, Faltung usw.) und in solchen des Mineralbestandes (Entstehung von Magnetit, Magnetkies und von Silikaten, Übergang in den Zustand höherer Kristallinität). Wohl mag auch während der Umkristallisation eine Wanderung derjenigen Stoffe stattgefunden haben, welche sich erst zuletzt als Mineralien individualisiert haben, wie der Kupferkies oder der Quarz. Solche Erscheinungen, die dann wohl zur Ansiedelung von Kupferkies auf feinen Klüften führten, mögen eher für das Wesen der Herausbildung kristalliner Schiefer bezeichnend sein, als daß man sie auf sekundäre Erzimprägnationen zurückzuführen braucht.

Das gewöhnliche Zusammenvorkommen von Hornblende- und Chloritschiefern mit den metamorphen Kieslagern weist darauf hin, daß ihre Entstehung mit der Förderung vulkanischen Materials zusammenhängt. Darauf wird späterhin eingegangen werden. \*

#### b) Kieslager in paläozoischen Tonschiefern.

\* Wiewohl auch in den Tonschiefern die ursprüngliche pelitische Beschaffenheit des klastischen Materials eine Veränderung erfahren hat, die vor allem zur Herausbildung von feinstem Sericit, von Chlorit und anderen jüngeren Mineralien führte, und demnach offenbar auch in diesen Gesteinen eine Stoffumlagerung vor sich gegangen ist, die möglicherweise und wahrscheinlich auch die in ihnen enthaltenen metallischen Bestandteile wenigstens teilweise betroffen haben wird, so ist man doch berechtigt, dieselben aus naheliegenden Gründen von den eigentlichen kristallinen Schiefen zu scheiden. Die Trennung der Schiefergesteine nach den beiden Gruppen ist mitunter keine ganz leichte und die Zuweisung des einen oder anderen Schiefers einiger Willkür unterworfen, welche auch in der Betrachtung der darin enthaltenen Kieslager zum Ausdruck gelangt. Es mag deshalb noch fraglich sein, ob z. B. das Lager von Schmölnitz oder Agordo nicht ebensowohl unter die Kieslager in paläozoischen Tonschiefern gerechnet werden konnte. Jedenfalls unterscheiden sich die letzteren von den früher besprochenen Kieslagern dadurch, daß sie viel weniger der Metamorphose unterworfen worden sind und in ihnen deshalb die ursprüngliche Struktur deutlicher

erhalten geblieben ist, als bei jenen. Sie umschließen nicht wie jene in auffälliger Menge neugebildete Silikate und sind selbst nicht so grobkristallin wie jene. Oolithische Struktur, Reste von Lebewesen, primäre Konkretionen sind hier und da in ihnen zu erkennen; ihre schichtige Natur kommt stellenweise in so unzweideutiger Weise zum Ausdruck, daß sie als Ausgangspunkt für die genetische Beurteilung der älteren Kieslager dienen könnten. \*

Das verhältnismäßig am besten bekannte Kieslager ist dasjenige im **Rammelsberg**<sup>1)</sup> bei Goslar am Nordrande des Harzes. Der dortige Bergbau hat ein besonderes Interesse wegen seines altherwürdigen, bis in die frühe deutsche Geschichte zurückreichenden Alters.

Das Rammelsberger Kieslager ist eine schichtförmige Einlagerung in den mitteldevonischen Wissenbacher (oder Goslarer) Schiefeln. Seine schichtige Natur steht seit Jahrzehnten für alle wirklichen Kenner derselben, sowohl Bergleute wie Geologen, fest.

Der Rammelsberg bildet mit 635 m Höhe eine der dominierenden Erhebungen des nordwestlichen Harzrandes; er steigt 380 m über Goslar an und

<sup>1)</sup> von Trebra, Erfahrungen aus dem Innern der Gebirge, 1785. — Lasius, Beobachtungen über die Harzgebirge, 1789, 374—378. — Hausmann, Über die Bildung des Harzgebirges, 1842, 132—133. — von Böhmer, Geognostische Beobachtungen über den östlichen Communion-Unterharz, vorzüglich zur Beantwortung der Frage: „Zu welcher Art von besonderen Lagerstätten gehört die Erzmasse im Rammelsberge?“ Bergmänn. Journal, herausgeg. von Köhler und Hoffmann, VI, 1, 1794, 193—237. — von Cotta, Lehre von den Erzlagerstätten, 2. Aufl., II, 1861, 103—106. — Ders., Über die Kieslagerstätte am Rammelsberg bei Goslar; Berg- u. Hüttenm. Ztg., XXIII, 1864, 369—373. — Schuster, Über die Kieslagerstätte am Rammelsberg bei Goslar; ebenda XXVI, 1867, 307—308. — Lossen, Über den Rammelsberg bei Goslar; Ztschr. d. deutsch. geol. Ges., XXVIII, 1876, 777. — Ders., Geologische und petrographische Beiträge zur Kenntnis des Harzes; Jahrb. d. preuß. geol. Landes-Anst. f. 1881, 1—50, bes. 22 u. 46. — Wimmer, Vorkommen und Gewinnung der Rammelsberger Erze; Zeitschr. f. d. Berg-, Hütten- und Sal.-Wes. XXV, 1877, 119—131. — Bräuning, Die Unterharzer Hüttenprozesse; ebenda 132—169. — von Groddeck, Lehre von den Erzlagerstätten, 1879, 121—122. — Stelzner, Die Erzlagerstätte vom Rammelsberge bei Goslar; Ztschr. d. deutsch. geol. Ges., XXXII, 1880, 808—816. — Köhler, Die Störungen im Rammelsberger Erzlager bei Goslar; Ztschr. f. Berg-, Hütten- und Salinenwesen, XXX, 1882, 31—43. — Babu, Note sur le Rammelsberg; Ann. d. Mines (8), Mém. XII, 1887, 335—343. Auszug daraus Berg- u. Hüttenm. Ztg., XLVII, 1888, 208—210. — Klockmann, Übersicht über die Geologie des nordwestlichen Oberharzes; Ztschr. d. deutsch. geol. Ges., XLV, 1893, 253—287. — Ders., Berg- und Hüttenw. des Oberharzes, herausgeg. von Banniza, Klockmann, Lengemann und Sympher, 1895, 57—61. — Vogt, Über die Kieslagerstätten vom Typus Røros, Vigsnäs, Sulitelma in Norwegen und Rammelsberg in Deutschland; Ztschr. f. pr. Geol., 1894, 41—50, 117—134, 173—181. — Söhle, Beitrag zur Kenntnis der Erzlagerstätte des Rammelsbergs; Österr. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenw., XLVII, 1899, 563—568. — Bergeat, Über merkwürdige Einschüsse im Kieslager des Rammelsbergs bei Goslar; Ztschr. f. pr. Geol., X, 1902, 117—126. — Wiechelt, Die Beziehungen des Rammelsberger Erzlagens zu seinem Nebengestein; Mitt. d. berg- u. hüttenm. Vereins Maja in Clausthal; Berg- u. Hüttenm. Ztg., LXIII, 1904, Nr. 21—26.

liegt unmittelbar benachbart der überkippten, WNW.—OSO. streichenden, mesozoischen Schichtenzone, welche von Seesen her das paläozoische Gebirge im Norden begleitet. Goslar selbst steht teils auf mesozoischen, teils auf paläozoischen Schichten. Das tektonische Verhältnis zwischen beiden ist noch nicht sicher erkannt, es scheint aber, als ob das Harzgebirge über das Mesozoikum hinweggeschoben und dieses dabei überkippt und zurückgestaut worden wäre.

Das unweit Goslar abgebaute Lager streicht am Nordwestabhange des Rammelsberges aus und besitzt im allgemeinen das für den Oberharz wie für das rheinische Schiefergebirge bezeichnende, etwa SW.—NO. gerichtete Streichen. Nach Wimmer gehört das Lager einem Schichtenniveau an, das bis nahe an den triasischen Harzrand einerseits und nach SW. zu andererseits auf etwa 3 km hin erzführend nachgewiesen worden ist. Die bisher bekannte streichende Ausdehnung der wirklichen Lagermasse beträgt etwa 1200 m, wobei allerdings zu bemerken ist, daß wenigstens nach Osten zu die Endschaft derselben keine natürliche, sondern durch jüngere Verschiebungen bedingt ist, mit deren Ausrichtung man sich gegenwärtig beschäftigt. Das Kieslager gehört einer überkippten devonischen Schichtenmasse<sup>1)</sup> an. Demgemäß bildet „Spiriferensandstein“ (oberes Unterdevon, Kahlebergsandstein, im besonderen die Speciosus- und Rammelsberger Schichten) das Hangendste derselben, darunter folgen die kalkreicheren Calceoliaschiefer (unteres Mitteldevon) und endlich die Wissenbacher Schiefer (mittleres Mitteldevon). Letztere um Goslar weitverbreiteten Gesteine sind bald dunkelblaugraue, an Glimmerschüppchen reiche, in dem in Rede stehenden Gebiete ausgezeichnet geschieferte Tonschiefer, welche in zahlreichen Steinbrüchen als Dachschiefer gewonnen worden sind und noch werden. Die untersten Horizonte dieses Komplexes, besonders auch im Liegenden des Rammelsberger Lagers und in unmittelbarer Nähe desselben, bestehen aber teilweise aus Grauwacken- und Quarzitschiefern, welche mit dem Spiriferensandstein Ähnlichkeit besitzen; ebenso treten allenthalben, z. B. auch in der Nachbarschaft des Kieslagers, tonige Kalksteine auf. Es sind „seltener bankartige, gewöhnlich fladen-, linsen- oder knollenförmige und dann oft lagenweise angeordnete Einlagerungen, deren Mächtigkeit von mehr als 1 m bis zu Walnußgröße herabsinkt“. (Beushausen.) Sie enthalten stellenweise „verkieste“ Versteinerungen und Schwefelkiesaggregate, sind aber sonst für die Erzführung ohne Belang. Die devonischen Schichten bei Goslar sind nach den reichlichen Versteinerungsfunden zweifellos marin; aber ebenso fest steht, daß sie nicht aus sehr tiefer See abgelagert sein können, und es mag für die genetische Beurteilung des Rammelsberger Kieslagers nicht unwichtig sein, daß gerade in dem dortigen Gebiete die tieferen Horizonte der Wissenbacher Schiefer, denen das Lager angehört, reicher an Quarziten und Sandsteinen, also Bildungen der flachen See sind. Das Kieslager liegt etwa 200 m über dem Unterdevon.

Es ist nicht ohne Bedeutung, daß die Wissenbacher Schiefer, wie auch sonst, so in der Gegend von Goslar reich an Kieskonkretionen und vor allem

<sup>1)</sup> Siehe die ausführliche Abhandlung von Beushausen, Das Devon des nördlichen Oberharzes, mit besonderer Berücksichtigung der Gegend zwischen Zellerfeld und Goslar; Abh. k. preuß. geol. Landes-Anst., Neue Folge, Heft XXX, 1900.

an „verkiesten“ Versteinerungen sind. Daß der Schwefelkies dabei ein primärer Bestandteil des Schiefers und mit diesem zu gleicher Zeit gebildet ist, ergibt sich aus folgenden Tatsachen. Dünnschliffe durch kiesreiche Konkretionen des Schiefers zeigen häufig, daß dieselben aus Foraminiferen bestehen, deren Kalkschale oft bis in die feinsten Details, ja sogar bis auf die Poren erhalten ist, während ihr Inneres und die Poren mit Schwefelkies angefüllt sind. Ähnliches lassen tabulate Korallen erkennen, deren Struktur mitunter auf das wunderbarste am ursprünglichen, mit Kies erfüllten Kalkskelett zu sehen ist. Kalkige Schalen von *Orthoceras* sind teilweise ausgefüllt mit Pyrit und Zinkblende. Aus allen diesen Beobachtungen geht hervor, daß nicht nur der Schwefelkies, sondern auch Zinkblende mit dem Schiefer entstanden ist und keine Einwanderung dieser Sulfide auf dem Wege der Metasomatose vor sich gegangen sein kann.

Vielfach sind in dem Tonschiefer kleine Kieskügelchen verbreitet, wie sie später noch ausführlich besprochen werden sollen, und auch die das Lager begleitenden Quarzite enthalten Sulfide unter Bedingungen, welche eine primäre Anwesenheit derselben anzunehmen gestatten. In unmittelbarer Nähe des Lagers steigert sich der Sulfidgehalt der umhüllenden Tonschiefer bis zu fahlbandartiger Anreicherung in dem Maße, daß solche Imprägnationen als Wegweiser für die Auffindung verschobener Lagerteile benutzt werden. Die stellenweise bekannten „Banderze“, von denen weiter unten ausführlicher gesprochen werden soll, sind gleichfalls als Erzanreicherungen in den Tonschiefern in unmittelbarer Nähe des Lagers zu erwähnen. Das Kieslager des Rammelsbergs ist demnach nicht eine unvermittelt zwischen den Schiefern auftretende Erzmasse, sondern ihr Auftreten wird vorbereitet durch eine Sulfidführung der liegenden Schiefer, und sein Erzreichtum klingt gewissermaßen aus in derjenigen des Hangenden — ganz anders als bei epigenetischen Sulfidlagerstätten, wo eine auffällige Erzimprägnation des Nebengesteines auf größere Entfernungen unbekannt ist.

Als Glied einer überkippten Schichtenfolge ist das Rammelsberger Kieslager natürlich in sich selbst überkippt; seine ursprünglich untersten, ältesten Teile sind jetzt die hangenden, seine jüngsten die liegenden.<sup>1)</sup> Das Einfallen des Lagers beträgt im allgemeinen ungefähr 40—50°; Änderungen desselben bedingen selbstverständlich, ebenso wie gewisse andere sekundäre Erscheinungen, einen nicht unbedeutlichen Wechsel im horizontalen Durchmesser. Das Schichteneinfallen wird aber nordwestlich des Lagers ein sehr viel flacheres und ist allgemein nur wenig geneigt in den Wissenbacher Schiefen der nächsten Umgebung von Goslar und schon am Fuße des Rammelsbergs selbst. Schon das läßt auf eine Störung schließen, welche tatsächlich unmittelbar an das Erzlager geknüpft ist und diese in gewisser Erstreckung im Liegenden begleitet. Es ist die sog. „Wimmersche Leitschicht“, die offenbar eine Hauptstörung vom Charakter einer Überschiebung darstellt. Sie bildet eine stark gequetschte, lettige und gefaltete Zone vom

---

<sup>1)</sup> Soweit im folgenden von „hangend“ und „liegend“ gesprochen wird, beziehen sich diese Ausdrücke auf die jetzige Lagerung. In umgekehrter Bedeutung soll aber auch die Bezeichnung „geologisches (ursprüngliches) Liegendes und Hangendes“ gebraucht werden.

Wesen einer Ruschel. Unmittelbar im Liegenden dieser „Leitschicht“ wird das Einfallen der Wissenbacher Schiefer flacher. Es muß erwähnt werden, daß die Wissenbacher Schiefer in der Nähe von Goslar mehrfach Diabas-Einlagerungen führen, welche mindestens teilweise als Lavaströme zu deuten sind. Über das Altersverhältnis zwischen diesen und dem Rammelsberger Kieslager, in dessen unmittelbarer Nähe solche Diabase nicht vorkommen, lassen sich bestimmte Angaben nicht machen.

Das Kiesvorkommen zerfällt, soweit bis jetzt bekannt ist, in das sog. „alte Lager“ im Südwesten und das „neue“ im Nordosten. Letzteres wurde erst im Jahre 1859 entdeckt. Beide sind ungefähr gleich lang, das neue etwas größer; sie liegen einander in den oberen Teufen unmittelbar benachbart und sind höchstwahrscheinlich nur Teile der gleichen Masse, die durch eine auswalzende Um-

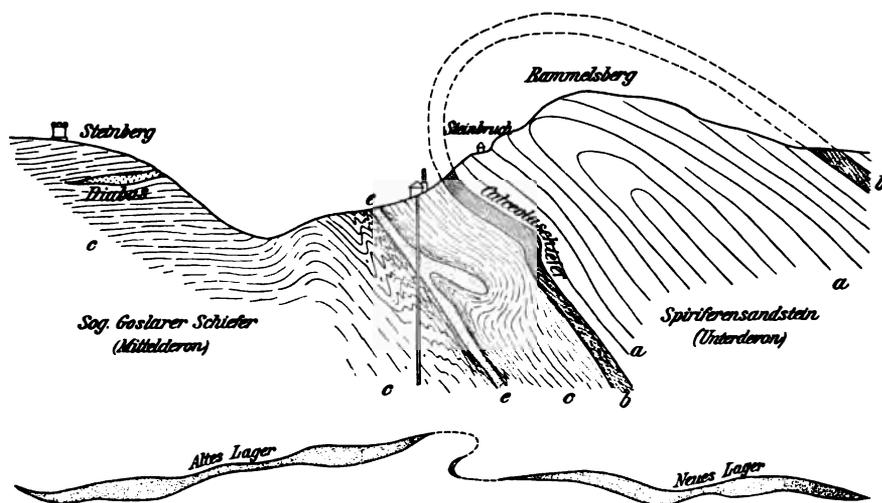


Fig. 77. Profil und Grundriß durch das Rammelsberger Kieslager. a Spiriferensandstein, b Calceola-schiefer, c Wissenbacher (Goslarer Schiefer), e Erzlager. (Klockmann, 1895.)

biegung voneinander getrennt und gegeneinander verschoben worden sind (Fig. 77). Die größte Ausdehnung beider mag, soweit bekannt, je 550 m betragen. Beide schieben gegen Südwesten ein, d. h. ihre größte Ausdehnung nach der Teufe fällt nicht mit dem Schichtenfallen zusammen, sondern verläuft in jener Richtung. Die Mächtigkeit der Lager wechselt sehr und ist so allgemein die Folge von Faltungen, Auszerrungen und Zusammenstauchungen, daß sich eine Vorstellung von der ursprünglichen Mächtigkeit kaum mehr gewinnen läßt. Während die größten Durchmesser vom Hangenden zum Liegenden 15—20, ja sogar bis zu 30 m betragen, mag die ursprüngliche Dicke nur einige (vielleicht 2—3) Meter gewesen sein. Mächtige Weitungsbane („Weiten“) wechseln daher mit Stellen, wo die Lagerstätte mehr wie ein ziemlich flach einfallender Gang in Erscheinung tritt.

Das unmittelbare Nebengestein des Lagers bildet ein harter, fast splitterig brechender Tonschiefer; er ist stellenweise reichlich mit Kies durchwachsen,

wird mitunter, wenn er hunderte von teilweise mikroskopisch feinen, parallelen Sulfdlagen enthält, zum „Banderz“ und führt hier und da im geologischen Liegenden des Lagers eine große Menge von nuß- bis faustgroßen Kiesknauern, die primäre Konkretionen sind. Auch die letzteren können als die Vorläufer des massenhaften Sulfidabsatzes im Lager selbst angesehen werden. Die Lagermasse besteht aus Pyrit, Kupferkies, Zinkblende, Bleiglanz und Schwerspat; sehr untergeordnet ist Arsenkies, sehr spärlich und nur stellenweise Fahlerz anzutreffen. Als unwesentliche Lagerart ist Kalkspat (oder ein eisenhaltiges Karbonat?) zu erwähnen. Die Haupterze kommen nie für sich allein in größeren Massen, sondern immer miteinander durchmengt oder in feinstreifiger Durchschichtung vor. Dabei sind allerdings manche Partien besonders reich an dem einen oder anderen Erz oder an Schwerspat; so tritt der Kupferkies oder der Schwefelkies stellenweise in größerer Menge und vorherrschend auf. Im allgemeinen wechselt das Mengenverhältnis zwischen den Erzen und Baryt derart, daß man im großen ganzen vom Liegenden nach dem Hangenden folgende Zonen zu unterscheiden vermag:

Jüngstes (Liegendes). Viel Schwerspat mit reichlichem Bleierz und meist untergeordneter Blende und Schwefelkies; der Schwerspat ist mitunter fast rein. Sind Bleiglanz und Schwerspat die hauptsächlichsten Bestandteile, so spricht man von Grauerzen; waltet die Zinkblende vor, so ergibt das die Braunerze; Kupferkies und Schwefelkies und Blende, durchbändert mit viel Bleiglanz und mit Schwerspat, bilden die melierten Erze.

Ältestes (Hangendes). Viel Kupferkies und Schwefelkies, weniger Blende, Bleiglanz und Schwerspat und sehr wenig Arsenkies.

Man unterscheidet in technischer Hinsicht Kupfererze mit viel Kupferkies, Schwefelerze mit weit vorwaltendem Schwefelkies und Bleierze, welche hauptsächlich der zuerst erwähnten Mengung entsprechen.

Bräunung hat nachstehende Durchschnittsanalysen von Rammelsberger Erzen veröffentlicht:

	Bleierze	Melierte Erze	Reiche Kupfererze	Ordin. Kupfererze
Cu . . .	0,55	5,06	15,66	7,90
Pb . . .	11,79	9,52	4,88	2,17
Ag . . .	0,016	0,016	0,017	0,010
Fe . . .	11,86	16,26	25,32	34,93
Zn . . .	23,86	18,99	7,90	3,71
Mn . . .	2,18	1,75	1,64	1,08
Co + Ni .	0,04	0,06	0,04	0,08
As + Sb .	0,12	0,12	0,10	0,08
SiO <sub>2</sub> . .	1,06	1,53	0,87	1,70
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . .	1,81	2,02	0,94	2,61
CaCO <sub>3</sub> . .	3,72	1,91	2,21	2,32
MgCO <sub>3</sub> . .	0,89	0,56	0,42	0,74
BaSO <sub>4</sub> . .	15,97	13,77	6,66	0,63
S . . . .	25,00	27,18	32,89	41,08
Summe	98,87	98,75	99,55	99,04

Außerdem enthalten die Erze noch zwischen 0,00005 und 0,0001 % Gold und ferner Spuren von Quecksilber, Wismut, Cadmium, Selen, Thallium, Indium und Lithium; da, wie sich zeigen wird, das Lager von jüngeren Klüften und Gängen durchsetzt wird und vor allem das als „Kupferkniest“ bezeichnete, in größeren Massen abgebaute Erz gangartiger Natur ist, so ist es nicht sicher ausgemacht, ob jene selteneren Bestandteile wirklich dem Lager von Haus aus angehören, im übrigen angesichts ihrer kleinen Menge auch ziemlich gleichgültig. Der im vorigen angedeutete zonare Aufbau der Lagermasse gilt nur im allgemeinen; gewöhnlich fehlt die eine oder andere Zone oder es ist sogar überhaupt nur eine vorhanden.

\* Die Ursache für diese verschiedenartige Verteilung kann in zwei

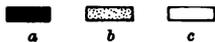


Fig. 78. Eine Rammelsberger Erzstufe.  
1/2 nat. Größe. (Wiechelt, 1904.)

a Schwefelkies, b Kupferkies, c Bleiglanz.

Richtungen gesucht werden; man könnte zunächst die Erscheinung für eine primäre Folge des Ablagerungsvorganges halten, aber in einem so gewaltig gepreßten und stellenweise sicherlich ausgewalzten Erzkörper wie in dem Rammelsberger Kieslager könnten doch auch die früher vertikal übereinander abgelagerten Schichten gegen die Spitzen des Erzkörpers gewalzt und übereinander weggeschoben worden sein, so daß nur noch in der Mitte stellenweise die frühere Lagerungsfolge, gegen die Enden zu nur einzelne der Lagen aufzutreten brauchten. Die Milde des Bleiglanzes und des Kupferkieses und die Tatsache, daß der Schwespat unter dem Mikroskop die Anzeichen einer starken Pressung erkennen läßt, könnten dieser Auffassung günstig sein. Jedenfalls aber bedürfte dieselbe noch weiterer überzeugender Belege. \*

Die Struktur des Erzes ist ganz allgemein eine dichte, nur stellenweise in geringer Ausdehnung deutlich kristallin; das Erz ist feinspeisig, die Durchwachsung von Kupferkies, Blende und Pyrit gewöhnlich eine so innige, daß die Kupfererze des

Rammelsberger Lagers ohne weiteres durch ihren matten Schimmer von dem Kupferkies benachbarter Klüftfüllungen zu unterscheiden sind. Dasselbe gilt für den Bleiglanz und zumeist auch für den Schwespat. Dort, wo letzterer in derberen Massen auftritt, wird er mehr blätterig-kristallin. Besonders die melierten Erze zeigen eine bis ins mikroskopische gehende feinste Streifung, welche häufig zu der wunderbarsten Fältelung wird (Fig. 78). An den vielfach gewundenen, geknickten und gestauchten Lagen von Kies und Bleiglanz kann man ganz deutlich auch die Folgen einer Zerrung und Auswalzung erkennen. Die an Schwefelkies reichen Erze lassen eine undeutliche oolithische Struktur wahrnehmen. Konkretionen von Pyrit innerhalb des gebänderten Meliererzes sind nicht häufig; sie erinnern an die im Hangenden des Lagers auftretenden Kiesknollen. Eine Stufe der Clausthaler Sammlung zeigt einen etwa zentimeter-

großen bohnenförmigen Pyriteinschluß inmitten von Kupferkies, rings umgeben von kleinen, unregelmäßig gestalteten Pyritkonkretionen.<sup>1)</sup>

Unter dem Mikroskop erkennt man im Banderze feinste Schieferlagen, die hauptsächlich aus einem sehr feinschuppigen sericitischen Mineral bestehen. Darin treten, teilweise in dünnsten Lagen, Kügelchen und Kriställchen von Pyrit in zahlloser Menge auf, wie sie ziemlich häufig auch in den Tonschiefern vorkommen. Stellenweise beobachtet man auch größere Pyritkörnchen von fast ganz kreisförmigem Umriß und scharfer Umgrenzung, mitunter randlich mit Zinkblende verwachsen und eingehüllt in ein Ellipsoid von Schwerspat; manchmal liegen auch zahlreiche Pyritkügelchen in solchen Schwerspatkörnchen. Die Gestalt der letzteren ist oft nicht weniger regelmäßig als die der ersteren. Das eigentliche Wesen dieser Gebilde ist nicht erkennbar, es liegt aber die Vermutung nahe, daß es sich um Tierreste handelt, die zuerst mit Kies ausgefüllt worden sind und deren kalkige Schale nachher durch Schwerspat verdrängt worden ist. Diese Vermutung fände eine Stütze in dem Zustand eines zweifellosen Goniatitenrestes, den Wiechelt im Banderze aufgefunden hat. Es zeigt sich deutlich, daß dessen Schale zuerst mit Pyrit ausgefüllt worden war, bevor dieselbe während des Schwerspatabsatzes aufgelöst wurde; der Pyrit läßt daher haarscharf die frühere Wölbung der Kammern noch erkennen. In den eigentlichen Erzbändern des Banderzes tritt die Schiefersubstanz zurück; es überwiegt auch hier der Pyrit über die Zinkblende, den Kupferkies und den Bleiglanz, und Schwerspat ist sehr reichlich. In gewissem Sinne mag die Struktur als eine konkretionäre bezeichnet werden, indem besonders Pyritkügelchen und -Kriställchen die Neigung zeigen, sich zusammenzuballen und zusammenzuscharen, wobei dann der Schwerspat derartige Häufchen gern umhüllt. Kalkspat scheint im Banderz nur in ganz geringer Menge vorhanden zu sein.

In dem derben Erz tritt die Tonschiefersubstanz offenbar ganz zurück. Ein Karbonat (wohl Kalkspat) bildet darin neben dem im allgemeinen überwiegenden Schwerspat die Ausfüllungsmasse zwischen den Erzen und umschließt Partikelchen der letzteren, tritt aber auch in deutlichen Rhomboedern darin auf. Der Schwerspat scheint auch hier wieder der jüngste Bestandteil der Lagermasse zu sein; es finden sich aber keine Beweise dafür, daß er den Kalkspat aus ihr verdrängt habe, denn er umschließt mitunter rings umgrenzte Kristalle desselben oder ist mit solchen verwachsen. Sieht man von der Anwesenheit des Schwerspats ab, so erinnert die Struktur des Rammelsberger Erzes mitunter an diejenige des Kieses von Agordo. Sehr bemerkenswert ist das offenbar sehr weitverbreitete Auftreten von Chlorit in dem melierten Erz. Schuppen und Täfelchen desselben, z. T. in radialer Anordnung, finden sich lagenförmig in demselben eingewachsen; mit Kalkspat zusammen zeigt er sich unter dem Mikroskop stellenweise in größeren Anhäufungen; letztere umschließen Sulfidpartikelchen. Er ist gleichalterig mit dem Kalkspat und wie dieser eher etwas jünger als die Schwefelmetalle, als älter. Unter dem letzteren ist aber auch hier der Schwefelkies am ältesten. Bemerkenswert ist, daß der Chlorit auch in jüngeren Klüftchen die Sulfide durchzieht.

Jedenfalls geht auch aus dem Studium der Dünnschliffe hervor, daß die Bestandteile Eisen, Kupfer, Zink, Blei, Baryum und Kalk zu allen Zeiten während der Entstehung des Lagers vorhanden waren und im Verlaufe derselben nur eine quantitative, nicht eine qualitative Veränderung des Niederschlags erfolgte. Innerhalb des Niederschlags muß dann später noch eine Umlagerung der Stoffe, u. a. auch die Neubildung von Chlorit vor sich gegangen sein, wie andererseits die Entstehung des Tonschiefers in seiner jetzigen Form erst später erfolgt ist. Es ist aber wahrscheinlich, daß es sich im Anfang wohl nur um die Abscheidung

<sup>1)</sup> Siehe die Abbildung Ztschr. f. prakt. Geol., 1902, 291.

nicht kristalliner sulfidischer Schlämme gehandelt hat, die erst später in die Form der jetzigen Sulfide eingegangen sind. Reichlicher Schwefelwasserstoff mag zur Bildung des Schwefelkieses geführt haben, der auch hier zuerst ausgeschieden worden ist, während ein anderer Teil des Schwefeleisens mit dem Kupfersulfid in den Kupferkies aufgenommen wurde. Das schwefelsaure Baryum muß zuletzt in das Gemenge eingetreten sein.

Wie schon wiederholt angedeutet wurde, ist die heutige Gestalt und Struktur und mindestens teilweise auch die Erzverteilung des Rammelsberger Kieslagers im höchsten Maße beeinflusst durch tektonische Vorgänge, die sich in der Hauptsache zur Zeit der karbonischen Gebirgsaufrichtung abgespielt haben dürften. Das Erz selbst zeigt in sich eine so wunderbare Fältelung, daß Rammelsberger Stufen zu den prächtigsten Faltungspräparaten der geologischen Sammlungen gehören und an Schönheit auch von alpinen Stücken nicht übertroffen werden. In der Grube selbst erkennt man deutlich, daß eine innere Zusammenstauchung stellenweise zu einer Mächtigkeitszunahme des Lagers geführt haben muß. Mit den Stauchungen gehen andererseits Streckungen Hand in Hand. Im größeren Maßstab äußert sich der Gebirgsdruck in Abfaltungen und Abstauchungen von Erzteilen, die wie Apophysen sowohl im Einfallen wie im Streichen in das Nebengestein hineinragen (Fig. 21, S. 97). Durch eine Faltung des Lagers entstehen Doppelungen (Fig. 20). Derlei Erscheinungen waren die Ursache, weshalb man in früherer Zeit wohl meinte, das Lager sei eine Aneinanderscharung von lauter Linsen. Erst durch Stelzner und bald darauf besonders durch Köhlers eingehende Studien ist die wichtige Rolle intensiver Faltungsprozesse bei der Gestaltung des Lagers erwiesen.

Schon vorher war Wimmer zu derselben Anschauung gekommen, welche seine früher geäußerte Auffassung berichtigte.<sup>1)</sup> Auf die gleichen tektonischen Vorgänge wird man die Auseinanderreißung des alten und des neuen Lagers zurückführen müssen, und sie finden wohl ihren großartigsten Ausdruck in der Abfaltung eines Teiles der Lagermasse, welcher zwischen dem Tagesförderstollen und dem Tiefen Julius Fortunatusstollen mit sehr flacher Neigung und beträchtlicher Mächtigkeit in das Hangende des alten Lagers abgeht und als „hangendes Trum“ oft erwähnt worden ist. Man hat in ihm einen Beweis für die Gangnatur der Rammelsberger Lagerstätte erblicken wollen; Wimmer und vor ihm schon v. Böhmer haben aber festgestellt, daß auch dieser Teil der Lagerstätte von den Schiefen konkordant umhüllt wird. Die Entstehung des hangenden Trums ist begreiflich, wenn man bedenkt, daß das Kieslager längs einer Überschiebungszone emporgepreßt worden ist, und daß infolge des von untenher gerichteten Schubs eine seitliche Ausbiegung und endlich eine Zusammenstauchung der Tonschiefer eingetreten sein kann. An der Stelle, wo das hangende Trum abgeht, erreicht das Lager seine größte Mächtigkeit von 30 m.

Überschiebungs- und Verschiebungsflächen begleiten und durchsetzen das Lager und haben in letzterem Falle eine Zerreißen desselben bewirkt. Eine solche, die Lagerstätte spitzwinkelig treffende, westöstlich streichende Verschiebung hat das letztere in den tieferen Horizonten scheinbar mehrere hundert Meter weit

<sup>1)</sup> Siehe bei Stelzner, Ztschr. d. deutsch. geol. Ges., XXXII, 1880, 811.

gegen Westen verschoben, so daß dessen natürliche Endschaft in jener Richtung unbekannt ist. In ähnlicher Weise ist auch der östliche Teil des neuen Lagers von einer Verschiebung betroffen worden. Letzteres ist dabei in eine Anzahl bis zu 10 m langer Linsen auseinandergerissen worden, und es ist möglich, daß sich bei der Verfolgung jener Störung größere Lagerteile einstellen werden.

Die Schieferung des Nebengesteines, welche in der Nähe des Lagers mit der Schichtungsrichtung zusammenfällt, ist in diesem selbst nur stellenweise angedeutet; im übrigen ist das letztere massig und nur von Klüften, „Steinschnitten“, durchzogen. Dazu kommen junge Gangklüfte, welche sowohl das Lager wie das Nebengestein durchsetzen. Dieselben sind mit z. T. kristallisierten Erzen und Gangarten ausgefüllt und ihrem Wesen nach echte Erzgänge, deren Verfolgung sich allerdings nicht lohnt. Sie führen Kupferkies, ziemlich lichte Blende, Bleiglanz, Antimonfahlerz, Quarz, Kalkspat, Schwerspat, Spateisenstein und Gips. Bemerkenswert sind ferner Pseudomorphosen von Galmei nach Kalkspat. Stellenweise ist im jetzigen Hangenden des alten Lagers das Nebengestein samt Teilen des Erzkörpers selbst zerrüttet und brecciös, dabei von einem wahren Netzwerk von Kiesen, Quarz usw. durchzogen; diese jüngeren Erzimprägnationen werden als „Kupferkniest“ abgebaut und verwertet. Weder jene Gänge noch der Kupferkniest haben mit der Entstehung des Lagers irgend etwas zu tun. Es ist bemerkenswert, daß der letztere zwischen der liegenden Hauptmasse und dem hangenden Trum des Lagers eingeklemmt ist.

Die eigenartigen Verhältnisse des Rammelsberger Kieslagers waren schon für die älteren Kenner der Lagerstätte Ursache, dieselbe nicht als einen Erzgang zu bezeichnen. Schon v. Böhmer hat (1793) eine Lageratur für am wahrscheinlichsten gehalten. v. Cotta glaubte, sie bestehe aus einer großen Menge konkordant in die Schiefer eingelagerter Erzlinsen; die gleichzeitige Ablagerung des Erzes mit dem Schiefer schien ihm wenig glaubhaft, unter allem Vorbehalt spricht er vielmehr die Vermutung aus, daß die Erze unter allmählicher Verdrängung des Nebengesteines dessen Textur angenommen haben könnten, die Linsen also Verdrängungspseudomorphosen seien. Seitdem haben sich, wiewohl schon im Jahre 1867 Schuster die dem geologischen Vorkommen entsprechendste Erklärung für die Entstehung des Lagers gegeben hatte, immer wieder Stimmen für eine Epigenese desselben erhoben. So sagte Lossen wörtlich, „daß das Erz nicht zur Zeit der Bildung des umgebenden Schiefers sedimentiert, vielmehr die der Schieferung und Schichtung konformen linsenförmigen Erzräume“ (die v. Cotta vermutet hatte, die aber in der von diesem angenommenen großen Zahl nicht vorhanden sind) „während der ganz allmählichen von SO. nach NW. erfolgten und bis zur Überkipfung gesteigerten Zusammenschiebung der Schichten ebenso allmählich mit wachsender und bis zur schwachen Zertrümmerung des Hangenden gesteigerter Konvexität gegen das Hangende durch örtliches Auseinanderweichen der Schieferblätter unter dem Drucke der mächtigen darüber hingleitenden Spiriferensandsteindecke gebildet und zugleich mit der Bildung Lage für Lage einseitig vom Liegenden zum Hangenden bei stets schmal bleibendem und ganz mit Solution aufsteigender Quellen erfülltem Bildungsraume ganz kompakt mit Erz ausgefüllt worden seien“ . . . . Diese der Kjerulfischen

Auffassung von der Entstehung der norwegischen Kieslager ziemlich entsprechende Erklärungsweise kehrt ähnlich in einem Aufsatz Vogts (1894) wieder, wo er das Rammelsberger Kieslager mit den norwegischen und spanischen in eine Gruppe zusammenfaßt. Das Wesentliche, wenigstens für den Rammelsberg Neue an der Vogtschen Erklärungsweise ist die Behauptung, daß die Sulfide Exsudate von Tiefengesteinen sein sollen; als solches wird der Okergranit, bezw. ein hypothetischer Gabbrogürtel bezeichnet, der den Granit in der Tiefe begleiten soll. Es sei zu dieser Vorstellung nur bemerkt, daß der Rammelsberg nicht im Kontaktbereich des Okergranits liegt.

Durch die sorgfältigen Untersuchungen Köhlers über die Tektonik des Rammelsbergs, die durch Wimmers<sup>1)</sup> langjährige Beobachtungen gestützt worden sind, hat sich ganz zweifellos ergeben, daß das Lager vor der carbonischen Gebirgsaufaltung vorhanden gewesen sein muß; die gegen die epigenetische Entstehung der Kieslager früher (S. 322—324, 326) geäußerten Einwürfe haben auch für den Rammelsberg angesichts seiner Struktur Gültigkeit, sie werden aber hier noch unterstützt durch die teilweise deutlich oolithische Ausbildung und durch das Auftreten zweifelloser konkretionärer Einschlüsse in dem Erz. Der genetische Zusammenhang zwischen der Lagerstätte und den nächstgelegenen Tiefengesteinen ist eine Konstruktion, für welche alle diskutierbaren Unterlagen fehlen würden, wenn schon überhaupt eine epigenetische Entstehung des Lagers annehmbar wäre. Wie vorher erwähnt, hatte bereits v. Cotta die Vermutung ausgesprochen, daß die Rammelsberger Erze durch eine metasomatische Verdrängung von Kalkstein entstanden sein könnten; schon 1880 glaubte Stelzner „auf eine nähere Erörterung dieses, übrigens auch von seiten v. Cottas mit großer Reserve hingestellten Versuches einer Erklärung“ verzichten zu dürfen, da schon er, scheinbar auf Grund von Dünnschliffuntersuchungen, keine Anhaltspunkte für eine solche Annahme hatte gewinnen können.<sup>2)</sup>

Als Ursprungsjahr des Rammelsberger Bergbaues dürfte das Jahr 972 gelten; es ist aber möglich, daß derselbe noch älter ist. Jedenfalls hat er damals, zur Zeit Ottos I., einen großen Aufschwung genommen, welcher mit der Gründung der von den sächsischen Kaisern bevorzugten Stadt Goslar zusammenhängt. Wiederholt erlitt er bis zu hundertjährige Unterbrechungen. Auf Grund von Verträgen (von 1635 und 1642) war späterhin der Berg- und Hüttenbetrieb gemeinschaftliches Eigentum Hannovers und Braunschweigs, die sog. Kommunion, woran ersteres zu  $\frac{4}{7}$ , letzteres zu  $\frac{3}{7}$  teilnahm, — ein Verhältnis, das heute noch zwischen der preußischen und braunschweigischen Verwaltung besteht.

Aus unbekannter Vorzeit stammt der alte Bergeversatz der oberen Teufen des Bergbaues, der „Alte Mann“. Die darin enthaltenen Sulfate haben zu einer jetzt noch unter beträchtlicher Wärmeentwicklung vor sich gehenden Vitriol-

<sup>1)</sup> Wimmer war 29 Jahre lang Direktor der Rammelsberger Grube und wohl der beste Kenner ihrer geologischen Verhältnisse.

<sup>2)</sup> Jene von v. Cotta angedeutete Entstehungsweise hält neuerdings Beck, Erzlagerstätten 1903, 493, wieder für wahrscheinlich. Seine Dünnschliffbeobachtungen sind unvollkommen.

bildung Anlaß gegeben, durch welche der Versatz zu felsenharten Massen verkittet wurde, die nur durch Sprengung entfernt werden können. In alten Weitungen finden sich Krusten und prächtige blaue, grüne und weiße Tropfsteine von Kupfer-, Eisen- und Zinkvitriol (Goslarit). Weitere sekundäre Mineralien sind Copiapit (Misy),  $[\text{SO}_4]_6 \text{Fe}_2[\text{Fe} \cdot \text{OH}]_2 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ , Römerit,  $[\text{SO}_4]_4 \text{Fe}_8 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ , Voltait (ein wasserhaltiges Sulfat von Eisen, Tonerde, Magnesia und Alkalien), Botryogen,  $[\text{SO}_4]_2[\text{Fe} \cdot \text{OH}]\text{Mg} \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , Vitriolocker (Eisenhydroxyd mit basisch schwefelsaurem Eisenoxyd), Haarsalz, gediegen Kupfer, Gips.

Im Etatsjahr 1903—1904 wurden im Rammelsberge gefördert 25950 t Kupfererze, 33710 t Bleierze, 1290 t kiesige Erze und 430 t Schwefelerze im Werte von etwa 900000 Mark. Die Erze werden auf den fiskalischen Hütten zu Oker und Juliusütte verarbeitet; diese produzierten in demselben Jahre u. a. 105 kg Gold,<sup>1)</sup> 11700 kg Silber, 8700 t Blei, 1570 t Elektrolytkupfer, 1070 t Kupfervitriol, 27000 t Schwefel usw.

Das bedeutendste deutsche Schwefelkieslager ist dasjenige von **Meggen** a. d. Lenne<sup>2)</sup> im südlichen Westfalen. Die stratigraphische Stellung desselben ist nur insofern sicher bekannt, als dasselbe unmittelbar überlagert wird vom obersten Mitteldevon. Denckmann<sup>3)</sup> schreibt darüber: Der im Hangenden der Lagerstätte auftretende dichte Kalk besteht aus zwei Lagen, deren untere nach den Petrefakteneinschlüssen dem obersten Mitteldevon angehört, während die obere tiefstes Oberdevon ist. Im Hangenden der dichten Kalke folgen zunächst dunkle Tonschiefer des unteren Oberdevon (Büdesheimer Schiefer), sodann transgredierend rote Schiefer („Fosley“). Das Liegende der Lagerstätte bilden schlechtweg „Lenneschiefer“, über deren genaueres Alter gar nichts bekannt ist. Ebensowenig läßt sich bisher über die Zugehörigkeit der Goniatitenschiefer etwas aussagen; das Vorkommen der Coblenzschichten (oberes Unterdevon) ist problematisch.

Im großen ganzen scheint das Erzvorkommen von Meggen an drei durch die Abrasion voneinander getrennte Mulden gebunden zu sein, nämlich an

1. die Mulde von Halberbracht, die hauptsächlichste, deren Flügel auf nahezu 5 km verfolgt sind;
2. die Ermecker Mulde;

<sup>1)</sup> In geringen Mengen werden auch fremde Erze verhüttet.

<sup>2)</sup> von Dechen, Vorkommen des Schwerspats als Gebirgsschicht bei Meggen a. d. Lenne; Karst. Archiv, XIX, 1845, 748—753. — von Hoiningen, Die Schwefelkies- und Schwerspat-Lager bei Meggen a. d. Lenne; Verh. d. natur. Ver. f. Rheinl. u. Westf., XIII, 1856, 300—330. — Braubach, Der Schwefelkiesbergbau bei Meggen a. d. Lenne; Ztschr. f. Berg-, Hütten- u. Sal.-Wes., 1888, 215—222. — Beschreibung der Bergreviere Arnsberg, Brilon und Olpe, sowie der Fürstentümer Waldeck und Pyrmont, 1890, 151—158. — Hundt, Das Schwefelkies- und Schwerspatvorkommen bei Meggen a. d. Lenne; Ztschr. f. prakt. Geol., 1895, 156—161. — Denckmann, Das Vorkommen von Prolecaniten im Sauerlande; Ztschr. d. deutsch. geol. Ges., LII, 1900, Verh. 112—116. — Ders., Goniatitenfunde im Devon und im Carbon des Sauerlandes; ebenda LIV, 1902, Verh. 15—18. — Ders., Über die untere Grenze des Oberdevon im Lennetale und Hönnetale und in angrenzenden Gebieten; ebenda LV, 1903, 393—402. — Briefliche Mitteilungen von Herrn Bergreferendar Schlitzberger an Bergcat.

<sup>3)</sup> Freundliche briefliche Mitteilung an Bergcat.

3. die Eickerter Mulde, welche letztere beide nur auf etwa 400 bzw. 300 m streichende Länge nachgewiesen sind (Fig. 79).

Das Meggener Lager führt Schwefelkies und Schwerspat in auffälliger Scheidung, indem ersterer im mittleren Teil der Hauptmulde und in den östlichen Partien der beiden kleineren Mulden nachgewiesen ist. Die Mächtigkeit des Lagers

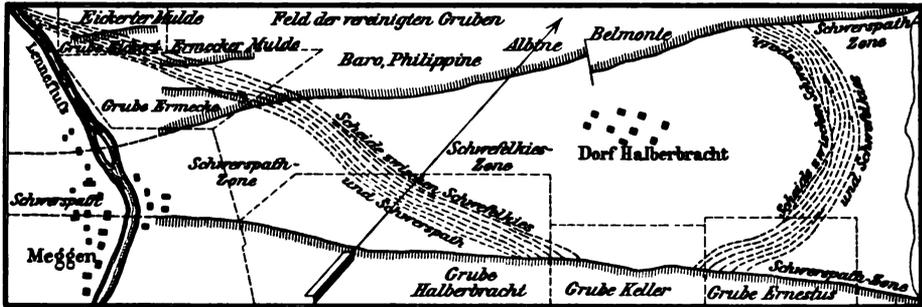


Fig. 79. Grundriß des Meggener Kies- und Schwerspatvorkommens (Hundt, 1895). Maßstab etwa 1:30 000.

beträgt in der Schwefelkieszone bis zu 8, in der Schwerspatzone bis zu 6 m, im Durchschnitt aber 3 m. Die Lagerstätte ist zweifellos konkordant den Schichten. Durch eine Tonschiefereinlagerung wird das Erz in einen liegenden und einen hangenden „Packen“ geschieden, welche nach ihrer Struktur etwas verschieden sind, indem der Schwefelkies des ersteren

mehr derb, der des hangenden Packen geschichtet ist.

Soweit die Schwefelkiesmasse deutliche Schichtung zeigt, ist sie parallel den Biegungen des Nebengesteines häufig feingefaltet; Überschiebungen und Querklüfte verursachen mannig-

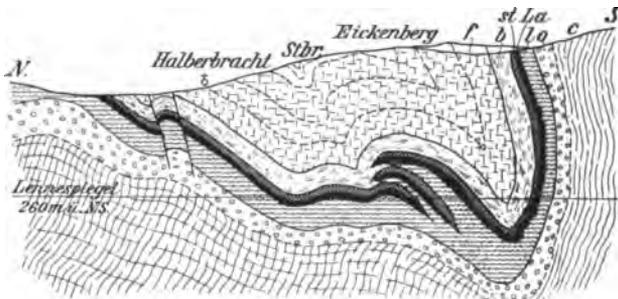


Fig. 80. Profil durch das Lager von Meggen (Manuskriptzeichnung von Schlitzberger, 1901). c Coblenzschichten??, o Goniatitenschichten, l Lenneschiefer, La Lagerstätte, st Kalke des oberen Mitteldevons und des untersten Oberdevons, b Budesheimer Schiefer, f Foßley.

fache Störungen, wie solche in der Fig. 80 zur Anschauung kommen. Das Liegende des Kieses bildet ein mit Kiesknollen und -Kugeln durchwachsender Tonschiefer; es sind nach Millimetern oder Zentimetern messende, fast glatte Kugeln oder nierig-traubige, auch pilzförmige Massen von Schwefelkies, manchmal auch plattenförmig in die Länge und Breite entwickelte echte Konkretionen von buckeliger Oberfläche und wechselnder Dicke, die sich teilweise sehr leicht aus dem Tonschiefer herauslösen lassen und radialfaseriges Gefüge zeigen.

Pyritkugeln von mikroskopischer Kleinheit, zu Schwärmen geordnet, kommen in dem das Lager begleitenden Tonschiefer vor. Im Hangenden wird das Lager von einer Kalkbank begleitet, welche stellenweise dolomitisiert ist und im Streichen den Schwerspat zu ersetzen scheint. Übergänge zwischen beiden sind noch nicht nachgewiesen worden, indessen kommen Einlagerungen von Schwerspat in dem Kalkstein außerhalb der Lagerzone vor.

Die Meggener Kiesmasse enthält außer dem weitaus überwiegenden Schwefelkies und wenig Schwerspat noch Zinkblende und mehr untergeordnet auch Kupferkies und Bleiglanz. Diese samt Buntkupfererz, Kalkspat, Dolomit und Braunspat treten auch in Klüften auf; Quarz durchzieht in feinen Adern und Schnüren das Erz. Der Pyrit und der Schwerspat des Lagers scheinen im allgemeinen in verhältnismäßig scharfer Trennung voneinander aufzutreten. An der Grenze beider transgrediert der letztere gewissermaßen über den ersteren, und dieser verliert sich unter dem Schwerspat. Wo die Baryt- und Kieszone auf der Grube Belmonte ineinander übergehen, zeigt sich ein fein bandförmiger Wechsel zwischen beiden Mineralien; die Kiesbänder besitzen dann eine besonders deutliche oolithische Struktur und lösen sich gegen den Schwerspat zu in Schwärme zierlichster, fast mikroskopischer Kugeln auf, welche den letzteren imprägnieren. Genau so wie der Pyrit bildet auch der Baryt radialstrahlige, oft recht große Konkretionen, die im Schwefelkies eingebettet liegen und ihrerseits von Pyritkugeln durchschwärmt werden. Oolithischer Schwerspat kommt in der Grenzzone zwischen dem Sulfid und dem Sulfat vor.

Die Zusammensetzung des Kieses ist nach drei Freseniusschen Analysen:

		Südostflügel der Hauptmulde	Nordwestflügel
Fe . . . . .	34,89	37,49	33,39
Zn . . . . .	8,38	4,23	10,80
S . . . . .	44,55	44,78	42,26
SO <sub>3</sub> . . . . .	—	0,66	0,74
MgO . . . . .	0,75	0,20	0,50
CO <sub>2</sub> . . . . .	1,90	0,20	1,20
CaO . . . . .	1,41	0,87	0,96
As . . . . .	0,07	0,07	0,09
SiO <sub>2</sub> + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Gangart und ? Baryt) . . . . .	5,83	11,08	8,11
O (an Zn und Fe zu Karbonaten und Sulfaten gebunden) . . . . .	1,74	0,05	0,15
Pb . . . . .	0,30	0,14	1,19
Cu . . . . .	—	Spuren	0,03
Mn . . . . .	0,15	"	0,13
Co + Ni . . . . .	0,02	Spuren	0,01
Organisches . . . . .	—	"	0,32
Ag . . . . .	—	—	} äußerst geringe Spuren
Au . . . . .	—	—	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	Spur	—	Spur
	99,99	99,77	99,88

Der durch Bitumen dunkel gefärbte Schwerspat enthält 2%  $\text{SrSO}_4$  und ist imprägniert mit Kieskristallen. Wo die beiden Zonen sich berühren, finden, wie gesagt, Übergänge statt. Der Schwefelkies stellt sich im Liegenden der Barytmasse als schwacher Besteg ein, um ihn allmählich, manchmal erst nach über 100 m streichender Ausdehnung, zu verdrängen. Die Mächtigkeit des Lagers ist in der Pyritzone am größten und nimmt beiderseits ab.

Der bei der Abröstung des Kieses sich bildende Flugstaub und Bleikammerschlamm enthält ferner bemerkenswerte Mengen von Thallium.

Im Dünnschliff zeigt der mit Zinkblende und etwas Baryt<sup>1)</sup> innig durchwachsene Schwefelkies z. T. eine deutlich radiaifaserige Struktur, mitunter auch einen schaligen Aufbau, der durch Einlagerungen von bituminöser Substanz erkennbar wird. Diese letztere ist sowohl im Kies wie im Schwerspat enthalten. Etwas Carbonpat (Kalkspat?) und vereinzelte Sericitschüppchen sind durch das Erz verbreitet. Der liegende Tonschiefer ist sandig und enthält Pyritkörnchen in Streifen und fleckenartigen Zusammenhäufungen.

Hauptgegenstand des Bergbaues ist der Schwefelkies; da die Erze im Durchschnitt 8% Zink enthalten, werden neuerdings auch die zinkreicheren Massen auf dieses verarbeitet. Die Schwerspatverwendung ist eine nebensächliche.

Wie zahlreiche Pinggen anzeigen, ist der Bergbau der Meggener Gegend schon sehr alt. Gegenstand desselben waren früher die Erze des eisernen Hutes, der auf den höher gelegenen Ausstrichen des Lagers 60—80 m tief reicht, in den Tälern indessen nur 1—2 m in die Teufe zu verfolgen ist. Erst in den vierziger Jahren des vorigen Jahrhunderts wurde der Bergbau wieder aufgenommen und erreichte in den fünfziger Jahren eine zunehmende Bedeutung, als man auch in Deutschland anfang den Schwefelkies zur Schwefelsäurefabrikation im größeren Maßstab zu verwenden. 1853 betrug die Produktion 549 t, 1857 5312 t, 1872 vorübergehend 143476 t, und Meggen produziert mehr als  $\frac{2}{3}$  des deutschen Kiesbedarfs. Im Jahre 1902 förderten die Gewerkschaften Sicilia und Siegena rund 145000 t Schwefelkies.

Der Meggener Kies findet besonders in den Zellstofffabriken zur Gewinnung von schwefeliger Säure (bezw. doppelt Schwefeligsäurem Kalk, Kochlauge), aber auch von Schwefelsäure Verwendung. Für erstere Zwecke wird er in großen Mengen auch nach Rußland, der Schweiz und Holland exportiert. Er ist wegen seiner gänzlichen Freiheit von Selen und Quecksilber und seines sehr geringen Arsengehalts geschätzt.

\* Die Struktur des Meggener Kieslagers, seine Bänderung, die zur oolithischen Ausbildung neigende Erscheinungsweise des Kieses und des Baryts, ihr Bitumengehalt, das Auftreten von Pyritkonkretionen im begleitenden Schiefer, die weite Erstreckung von Schwerspat und Sulfid, welche die bisher bekannte Ausdehnung des Rammelsberger Kieslagers noch erheblich übertrifft, sprechen für einen schichtigen Absatz der Massen. Auch Denckmann, der 1900 eine metasomatische Entstehung derselben behauptet hat, mußte seine Auffassung zuletzt dahin modifizieren, daß die Umwandlung des mitteldevonischen Massenkalkes schon vor dem Absatz des obersten Mitteldevons stattgefunden haben müsse. Es liegt nahe, Ver-

<sup>1)</sup> Die mikroskopische Beobachtung steht im Widerspruch zu der mehrfach behaupteten Annahme, daß der Kies barytfrei sein soll. Vielleicht ist der Schwerspat bei den Analysen nur als Gangart bestimmt worden. Bergéat.

gleiche zwischen dem Rammelsberg und dem Meggener Kieslager zu ziehen. Beide gehören dem Mitteldevon an und führen beträchtliche Mengen Schwerspat. Der letztere ist in beiden im ganzen später niedergeschlagen worden als die Sulfide, denen er übrigens auf beiden Lagerstätten beigemischt ist. Das schichtige Vorkommen des zu Meggen in der Barytzone nur mit etwas Schwefelkies und viel Bitumen durchmischten Schwerspats ist eine höchst merkwürdige, aber durchaus nicht unerklärbare Erscheinung. Sobald man annehmen darf, daß Baryum in gelöstem Zustand in etwas größerer Menge dem Meere zugeführt wurde, ist die Bildung von Schwerspat in letzterem wegen des erheblichen Sulfatgehaltes im Meerwasser eine Notwendigkeit; bei sehr geringen Mengen wird eine Ausfällung des Baryums unterbleiben, weshalb das Meerwasser tatsächlich solches gelöst enthält. Größere Barytzufuhr ist aber möglich in baryumhaltigen Quellen, deren es sehr viele gibt.<sup>1)</sup> So enthält die zu Lautenthal im Harz durch den Bergbau angefahrne Soolquelle im Liter 0,300 g BaCl<sub>2</sub> und 0,900 g SrCl<sub>2</sub>; die Durchmischung derselben mit sulfathaltigem Grubenwasser hat bei diesem einzelnen Vorkommen (40 l in der Minute) im Laufe von 3—5 Jahren zum Absatz von 2 t Schwerspat geführt. Schwieriger zu beantworten ist die Frage, weshalb auf beiden Lagerstätten der Schwerspat der jüngste Absatz ist. Man könnte aber wohl annehmen, daß im Beginn der Lagerstättenbildung, sofern überhaupt Baryum und die in den Sulfiden enthaltenen Metalle zu gleicher Zeit gefördert wurden, nur die letzteren durch Zutun von Schwefelwasserstoff, vielleicht unter Anwesenheit von Ammoniak, ausgefällt worden sind, das sich durch tierische Fäulnis gebildet hatte. Ob der reichliche Niederschlag von Baryt durch die Entstehung von Schwefelsäure verursacht worden sein kann, die sich vielleicht erst am Schluß des Vorganges durch die allmähliche Oxydation von Schwefelwasserstoff bildete, muß dahin gestellt bleiben. Zu gleicher Zeit mußte auch die Auflösung der Fossilenschalen und eines Teiles des ursprünglich niedergeschlagenen Kalkes geschehen sein.

Die Entstehung des Rammelsberger Kieslagers könnte mit der Eruption der mitteldevonischen Diabase in Zusammenhang gebracht und besonders der Chlorit in demselben als tuffige Substanz gedeutet werden. Da man die Sulfidabsätze auf vulkanische Exhalationen zurückzuführen hätte, diese letzteren aber den Diabaseruptionen schon vorhergehen konnten, so wäre es zunächst von geringerem Belang, ob die Goslarer Diabase, wie es scheinen will, jünger sind als der Erzabsatz. Die Meggener Lagerstätte wird von Eruptivgesteinen nicht unmittelbar begleitet; die Frage, ob ihre Bildung mit dem weitverbreiteten, schon wenige Kilometer südlich von Meggen beginnenden Auftreten der Lenne-Keratophyre und ihrer Tuffe zusammenhängt, welche wenigstens teilweise dem mittleren Devon angehören dürften, liegt indessen nahe.<sup>2)</sup> \*

<sup>1)</sup> Siehe die Zusammenstellung von Delkeskamp, Ztschr. f. prakt. Geol., 1902, 125; ferner Lattermann, Die Lautenthaler Soolquelle und ihre Absätze; Jahrb. preuß. geol. Landes-Anst. f. 1888, 259—283.

<sup>2)</sup> Über die Verbreitung jener eruptiven Gebilde siehe Mügge, Untersuchungen über die „Lenneporphyre“ in Westfalen und den angrenzenden Gebieten; N. Jahrb. VIII. Beil.-Bd., 1893, 535—716.

Bei **Stadtberge** (Niedermarsberg) an der Diemel geht seit wohl 1000 Jahren Kupferbergbau um. Gegenstand desselben waren früher hier und im benachbarten Waldeck und bei Thalitter die Kupfererzflözchen des oberen Zechsteines; jetzt findet nur noch Bergbau auf kupferhaltigem Culmschiefer und den durch Auslaugung daraus hervorgegangenen, auf Klüften und Zerrüttungen angesiedelten, teils oxydischen, teils sulfidischen Kupfererzen statt. Es verdient also zunächst auf die zweifache Natur der dortigen Kupfervorkommnisse hingewiesen zu werden. Aus den Untersuchungen Meurers<sup>1)</sup> geht deutlich hervor, daß die jetzt abgebaute Lagerstätte von Stadtberge im Grunde genommen eine lagerförmige ist. Sie ist erschlossen durch die Gruben Oskar am Jüttenberg, Mina am Kohlhagen und Frederike am Bilstein.

Auf zwei SW.—NO. streichenden Schichtensätteln bildet ein meistens

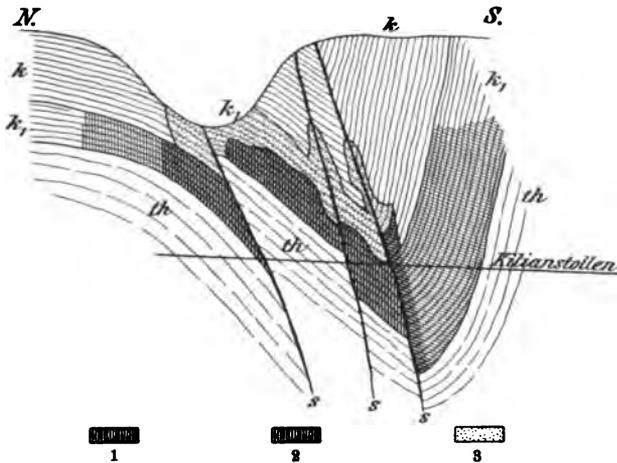


Fig. 81. Profil durch die Grube Oskar zu Stadtberge (Manuskriptzeichnung von Meurer, 1902). *th* Liegender Tonschiefer, *k* kieseliger, erzführender Tonschiefer („Kiesel-schiefer“), *k* hangender Kiesel-schiefer. 1 Sulfidische Anreicherungen auf Zerrüttungen und Klüften, 2 mäßig erzführender Lagerschiefer, 3 oxydische Anreicherungen auf Zerrüttungen und Klüften.

gelblicher, wenig bituminöser und nicht sehr dichter Tonschiefer (mit etwa 53%  $\text{SiO}_2$ ) das Liegende der Lagerstätte. Die letztere selbst ist ein erzführender, sehr dichter, bitumen- und quarzreicher Tonschiefer von schwarzer Farbe, sog. Kiesel-schiefer. Die tiefsten, bereits bituminösen Lagen desselben sind fast erzfrei; eine zweite Schichtenlage mit 75%  $\text{SiO}_2$ , 11%  $\text{Al}_2\text{O}_3$  und 5—6% Bitumen enthält 0,3—0,5% Kupfer; in einer

dritten, etwa 20 m mächtigen Masse beträgt der Metallgehalt durchschnittlich 1,6%. Das Hangende des Lagers ist ein sehr wenig bituminöser, in den unteren Teilen weißer, oben roter Kiesel-schiefer ohne Metallgehalt (Fig. 81).

In der Grube Mina ist die erzführende Zone 300 m, auf der Grube Oskar 115 m weit verfolgt worden; die Mächtigkeiten betragen bezw. 20 und 15 m.

Eine von Hampe herrührende Analyse des erzführenden „Kiesel-schiefers“ von ersterer Grube wies nach:

<sup>1)</sup> Geologische und bergmännische Verhältnisse der Stadtberger Kupfererzgruben, 1902. Manuskript im Archiv der Clausthaler Bergakademie. — Beschreibung der Bergreviere Arnsberg, Brilon und Olpe, sowie der Fürstentümer Waldeck und Pyrmont. Herausgegeben vom k. Oberbergamte zu Bonn, 1890, 118—120.

SiO <sub>2</sub> . . . . .	74,28	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0,48
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	10,88	S . . . . .	1,42
Fe . . . . .	2,17	SO <sub>3</sub> . . . . .	0,155
Cu . . . . .	1,828	CO <sub>2</sub> . . . . .	0,710
Ag . . . . .	0,0021	H <sub>2</sub> O . . . . .	0,585
CaO . . . . .	0,61	Kohle und Bitumen . .	5,775

Aus den Analysen ergibt sich, daß der „Kieselschiefer“, auch wenn äußerlich kaum eine Spur von Erz sichtbar ist, doch einen auffälligen Sulfidgehalt besitzt; tatsächlich wird auch das Gestein selbst als Erz verarbeitet.

Der Erzgehalt des Gesteines ist im Dünnschliff leicht nachweisbar. Der ziemlich quarzreiche, stark bituminöse Tonschiefer ist durchwachsen mit Sulfidstäubchen, unter denen scheinbar Kupferglanz und Buntkupfererz vorwalten, Kupferkies spärlicher auftritt. Gewisse feine, an Quarzkörnchen reichere Lagen scheinen auch reicher an Erz zu sein; vereinzelt finden sich darin mikroskopische Schälchen, die man wohl als solche von Foraminiferen wird deuten dürfen. Für eine spätere Einwanderung des Erzes in das Gestein ergibt die mikroskopische Untersuchung keine Beweise; die Erzpartikelchen sind vielmehr wie ein primärer Bestandteil durch das Gestein zerstreut.

Der Metallgehalt des Gesteines ist großen Schwankungen unterworfen. Systematisch durchgeführte Kupferbestimmungen haben z. B. in der Grube Mina wechselnde Gehalte von etwa 0,5—5%<sub>0</sub> ergeben. Diese Schwankungen hängen offenbar mit einer Auslaugung zusammen, welche ganz besonders längs Störungen vor sich ging. Letztere bewirkten bald Überschiebungen, bald seltener Verwerfungen. Längs derselben hat eine beträchtliche Zertrümmerung und Zerrüttung des Schiefers stattgefunden, und sie sind im allgemeinen bezeichnet durch Massen von eckigen, z. T. mit Harnischen überzogenen schwarzen, häufig graphitisch glänzenden Gesteinsbruchstücken, welche durch Letten, durch Kupfererz, nur sehr untergeordnet auch durch Kalkspat oder seltenen Quarz ziemlich lose verkittet sind. Auf solchen Zerrüttungszonen hat eine beträchtliche Anreicherung von Kupfererzen stattgefunden. Diese bestehen in den tieferen Horizonten vorzugsweise aus Kupferglanz, ferner aus Buntkupfererz, ganz untergeordnet aus Kupferkies; daneben fand sich auch Schwefelkies und etwas gediegen Kupfer. In den oberen Teufen, wo die Auslaugung noch intensiver gewesen zu sein scheint, tritt Malachit, untergeordnete Kupferlasur, stellenweise auch Rotkupfererz, Kupfervitriol und gediegen Kupfer auf. Die Umwandlung der Sulfide in dem Gestein geht schon während des Abbaues sehr schnell vor sich; die Schieferstücke überziehen sich bald mit Karbonaten, während sie innen einen frischen, mit fast unsichtbaren Sulfiden durchwachsenen Kern bewahren. Daß der Kupfergehalt des frischen Schiefers in seinen feinsten Lagen ein verschiedener ist, zeigt sich bei der Verwitterung. Die Kupferkarbonate und das Rotkupfererz erzeugen dann auf den Bruchflächen eine äußerst feine Bänderung und machen durch ihre lebhafteren Farben die innere Schichtung der Stücke erst sichtbar. Der Wiederabsatz des Kupfererzes hat allenthalben auf den Schichtklüften stattgefunden, so daß sich der Erzgehalt des Lagers aus dem sulfidischen Bestand im frischen Gesteine und den sekundären, sulfidischen und oxydischen Absätzen zusammen-

setzt. Die erzführenden Zerrüttungszonen sind nur innerhalb der „Kieselschiefer“-zone, nicht aber im liegenden Tonschiefer zu beobachten. Man bezeichnet die Störungen als „Rücken“; sie sind tatsächlich die Zonen größten Reichtums. Der Kupfergehalt ist dort mitunter höher als 15<sup>0</sup>/<sub>0</sub>; in der sog. Stufenkammer der Grube Oskar, einer ausgedehnteren Reicherzzone, ist der durchschnittliche Gehalt 8<sup>0</sup>/<sub>0</sub>. Wo auf der Grube Oskar die liegendste und die hangendste Kluft (s. Fig. 81) sich scharen, werden die Schiefer selbst taub.

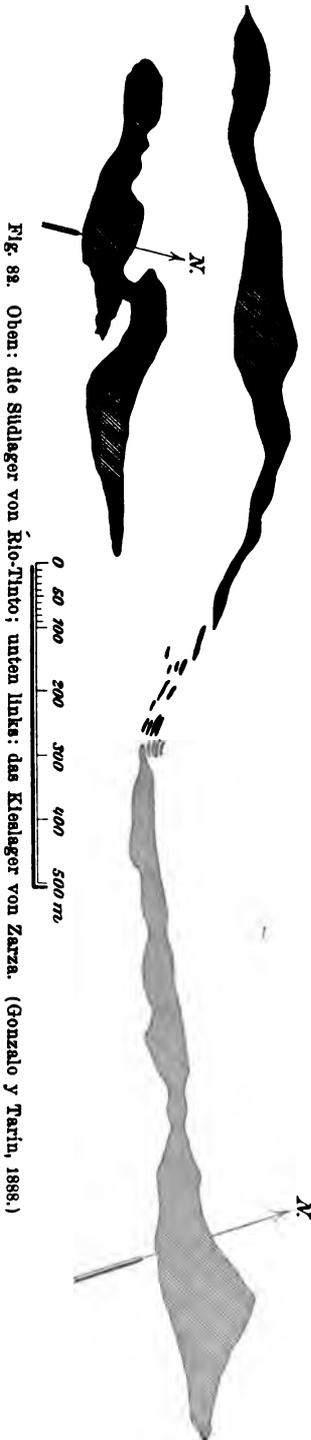
\* Es wäre am naheliegendsten, die Entstehung des Stadtberger Kupfererzvorkommens durch eine Imprägnation von den sog. Rücken aus zu erklären. Da sicherlich über dem gefalteten Culm ehemals Zechstein gelegen hat und dieser von der Gegend von Stadtberge bis nach Hessen als kupferführend bekannt ist, so könnte man z. B. annehmen, daß gelöstes Kupfer von dort her während oder nach Ablagerung des Zechsteines nach der Tiefe gesickert und in den Zerklüftungen und im Gestein ausgefällt worden sei; man hat auch behauptet, daß dieselben Lösungen, welche den Zechsteinmergel imprägniert haben sollten (siehe unten), dem bituminösen Culmschiefer Kupfer zugeführt hätten. Auf der Grube Frederike sind tatsächlich zwei Klüfte von den Alten für die Fortsetzung von „Rücken“ (verwerfenden Klüften) gehalten worden, welche der Kupferbergbau im darüberliegenden Zechstein erschlossen hatte. Solchen Annahmen stellen sich aber Hindernisse in den Weg. Die kupferführenden Klüfte von Stadtberge unterscheiden sich sehr wesentlich von den echten Kupfererzergängen dadurch, daß sie so gut wie keine Gangarten enthalten; gerade in der Seltenheit von Kalkspat besteht ein großer Vorzug der Erze, die sich sonst für die Laugerei nicht eignen würden, und Quarz ist sehr selten. Kupferkies, das primäre Kupfererz der Kupfererzergänge, fehlt fast ganz; andererseits ist bekannt, daß gerade Kupferglanz leicht durch sekundäre Umlagerungen entsteht. Den Umstand, daß die Zerrüttungen nicht erzführend in den liegenden Tonschiefer hinabsetzen, könnte man zwar durch den Kohle- und Bitumengehalt des „Kieselschiefers“ erklären. Sehr merkwürdig aber bliebe es doch, daß der Tonschiefer bei der Imprägnation gar kein Erz aufgenommen haben sollte. Letzteres ist vielmehr an den dichten, oft nur undeutlich geschichteten und gewiß nicht poröseren „Kieselschiefer“ gebunden. Die Art und Weise, wie es in letzterem auftritt, läßt seine ursprüngliche Anwesenheit darin am wahrscheinlichsten erscheinen. Dabei mag auch hier ein ursächlicher Zusammenhang zwischen dem Bitumen- und Erzgehalt in der Richtung bestehen, daß, wie im permischen Kupferschiefer, der erstere die Ausfällung des letzteren begünstigt hat. Genauere Untersuchungen über eine allgemeinere Kupferführung des Culmkieselschiefers jener Gegend, welche nicht nur auf dessen Abbauwürdigkeit Rücksicht zu nehmen hätten, stehen noch aus. \*

Zu Stadtberge wurden bis zum Beginn der 70er Jahre des vorigen Jahrh. nur die oxydischen Erze der oberen Teufen abgebaut; erst seit Gründung der Aktiengesellschaft „Stadtberger Hütte“ werden auch die sulfidhaltigen Massen verwertet. Die Kupfergewinnung geschieht durch Auslaugung. Es wurden im Jahre 1902 etwa 49500 t Erz gefördert.

## Die Kieslager von Südspanien und Südportugal.

Die Kieslagerstätten der spanischen Provinz **Huelva**<sup>1)</sup> und **Südportugals** gehören zu den wichtigsten Kupferablagerungen der Erde und sind die gewaltigsten bekannten Kiesmassen nicht nur Europas, sondern überhaupt. Sie erstrecken sich südlich der den westlichsten Abschnitt der Sierra Morena bildenden, aus kristallinen Schiefen bestehenden Sierra de Aracena über eine Länge von mehr als 200 km inmitten einer nur stellenweise und unregelmäßig von Hügeln unterbrochenen Abrasionsebene. Diese Hügel bestehen aus Eruptivgesteinen, die Ebene selbst hat paläozoische Schiefer zum Untergrund, die nahe der Küste von miocänen Ablagerungen überdeckt werden. Die hauptsächlichsten Grubenorte sind, von der Grenze der Provinz Sevilla im Osten angefangen, auf spanischem Gebiet Rio-Tinto, La Zarza, Aguas Tenidas, Tharsis, Lagunazo, auf portugiesischem Gebiet San Domingos. Teilweise sind dieselben durch Eisenbahnen mit dem südlich gelegenen Hafen Huelva verbunden; für die Erze von San Domingos bildet der schiffbare Guadiana den Transportweg.

<sup>1)</sup> Gonzalo y Tarín, Descripción física, geológica y minera de la Provincia de Huelva; Mem. de la com. del mapa geol. de España, 1886—1888. Drei Abteilungen in zwei Bänden. — de Launay, Mémoire sur l'industrie du cuivre dans la région d'Huelva; Ann. d. Mines (8), XVI, 1889, 427—516, Lit. — Klockmann, Über die lagerartige Natur der Kiesvorkommen des südlichen Spaniens und Portugals; Sitzungsber. Ak. der Wissensch. zu Berlin, 1894, II, 1173—1181. — Ders., Über das Auftreten und die Entstehung der südspanischen Kieslagerstätten; Ztschr. f. prakt. Geologie, X, 1902, 113—115. — Vogt, Das Huelva-Kiesfeld in Süd-Spanien und dem angrenzenden Teile von Portugal; Ztschr. f. prakt. Geol., 1899, 241—254. — F. Römer, Über das Vorkommen von Culmschichten mit Posidonia Becheri in Portugal; Ztschr. d. deutsch. geol. Gesellsch., XXVIII, 1876, 354—360. — Ders., Geologische Reise-notizen aus der Sierra Morena; N. Jahrb., 1873, 256—270, besonders 260—261. — Ezquerria del Bayo, Bemerkungen über den Bergbau der Mauren zu Rio-Tinto und über die dort jetzt stattfindende Gewinnung des Cement-Kupfers; Karst. Arch. f. Mineral., IV, 1832, 411—418. — Schönichen, Die Schwefelkieslagerstätten der Provinz Huelva; Berg- u. Hüttenm. Ztg., XXII, 1863, 200—203, 229—232, 241—243. — Gonzalo y Tarín, Reseña geologica de la provincia de Huelva; Boletín de la comision del Mapa geologico de España, V, 1878. Mit zwei geologischen Karten der Provinz und des Bergbaudistrikts; Ref. N. Jahrb., 1879, 932. — Caron, Bericht über eine Instruktionsreise in Spanien; Ztschr. f. d. Berg-, Hütten- u. Sal.-Wesen, XXVIII, 1880, 105—147, Lit. — R. Wimmer, Die Kieslagerstätten des südlichen Spaniens und Portugals; Berg- u. Hüttenm. Ztg., XLII, 1883, 327—329, 341—343, 356—358. Mit Tafel. — The mines at Rio-Tinto, Spain; Eng. and Min. Journ., XXXVI, 1883, 310—311, 325—326. — Bosscha, Über die Geologie von Huelva. Kurze briefliche Mitteilung; N. Jahrb., 1885, II, 230—234. — Collins, On the geology of the Rio-Tinto Mines with some general remarks of the pyritic region of the Sierra Morena; Quart. Journ. geol. soc. London, XLI, 1885, 245 ff.; Ref. N. Jahrb., 1887, II, — 42 —. — Hussak, Mikroskopische Untersuchung spanischer Porphyre, gesammelt von Dr. E. Schulz; Verh. naturh. Ver. f. Rheinl. u. Westf., 1887, Correspond. 100—102. (Die beschr. vier Gesteine stammen von der Peña de Hierro. Prov. Huelva.) — Stapff, Geologisches aus Spanien; Berg- u. Hüttenm. Ztg., L, 1891, 53—55.



Am Aufbau des Gebiets nehmen Eruptivgesteine und O.—W. streichende, sehr stark gefaltete, vielfach zusammengeschobene und überkippte paläozoische Schichten teil. Überschiebungen sind mehrfach beobachtet worden, aber bisher in ihrer Bedeutung noch nicht hinreichend studiert. Die Ablagerungen bestehen vorzugsweise aus Ton-schiefern, nur untergeordnet aus Grauwacken und nur selten aus Kalksteinen; sie gehören in dem hier zu besprechenden Gebiet dem Silur und Culm<sup>1)</sup> an. „Devon ist nicht bekannt; doch ist zu bemerken, da sich die Unterscheidung der Schichten vielfach nur auf subjektiv wahrnehmbare, petrographische Unterschiede, selten auf spärliche Fossilienfunde gründet, daß in der Abgrenzung des Silurs vom Culm noch wesentliche Abänderungen zu erwarten stehen, und daß gewisse Silurbildungen, ihrer Hercynfauna wegen, schon jetzt zum Devon gerechnet werden müssen“ (Klockmann). Querverwerfungen sind zahlreich, die durch sie erzeugten Störungen aber im allgemeinen nicht beträchtlich. Nach Gonzalo y Tarins Aufnahmen würden die Kieslagerstätten sowohl im Silur wie im Culm auftreten. Nach Klockmanns obigen Bemerkungen dürfte den bisher noch wenig beachteten Überschiebungen „das stellenweise ganz unvermittelte Auftreten von Culmschichten mitten zwischen silurischen Ablagerungen zuzuschreiben sein“ und sich wohl das geologische Kartenbild bei genaueren Untersuchungen noch etwas ändern. Neuerdings sind auch in Schichten, welche bis dahin als silurisch gegolten haben, reichliche Funde der culmischen *Posidonia Becheri* gemacht worden.

Die in dem Gebiete auftretenden Eruptivgesteine sind teils saure Quarzporphyre und quarzfreie Porphyre, teils basischere Gesteine, wie Diabasporphyrite, welche durch Übergänge

<sup>1)</sup> Über den Nachweis des letzteren siehe Sandberger, Verh. k. k. Reichs-Anst., 1870, 291. — Ferd. Römer, Ztschr. d. deutsch. geol. Ges., XXIV, 1872, 589 ff., XXV, 1873, 347, XXVIII, 1876, 354 ff. Der Nachweis stützte sich vor allem auf das Vorkommen der *Posidonia Becheri*; außer weiteren Posidonien-Arten ist auch der *Goniatites sphaericus* gefunden worden.

miteinander verknüpft und parallel den Schichten eingelagert sind. Nach der Auffassung Gonzalo y Tarins und de Launays wären dieselben intrusiver Entstehung, also jünger als die Sedimente; sie hätten dann gelegentlich der Gebirgsfaltung die Schichten durchbrochen. Dem gegenüber aber betont Klockmann, daß dieselben schon an Ort und Stelle gewesen sein müssen, als die Faltung vor sich ging; denn die weniger mächtigen Vorkommnisse machen alle Windungen und Faltungen des Gebirgs mit, sie zeigen allgemein eine Druckschieferung, und dort, wo mehrere Eruptivmassen übereinander liegen, ist nicht selten durch petrographische Übergänge eine Verwandtschaft derselben angedeutet. Klockmann hält deshalb diese Porphyre und Diabase für Deckenergüsse; sie verlaufen in vollkommenster Konkordanz mit dem Nebengestein und sind nach seinen Beobachtungen von deutlichen Tuffablagerungen begleitet. „Eine geologische Karte ihrer Hauptverbreitungsgebiete würde ein Bild liefern, das im wesentlichen nicht abweicht von einer Darstellung des nassauischen Eruptivgebiets.“ Klockmann hat ferner durch Aufnahmen nachgewiesen, daß die einzelnen Porphyrmassen häufig nur durch 1 m mächtige Schiefermittel voneinander getrennt sind, und daß umgekehrt auch die ersteren, die manchmal bis zu 100 m anschwellen, gleichfalls sehr geringe Dicke besitzen können. Auf Gonzalos Karte liegen die Eruptivgesteine innerhalb weithin streichender Streifen von „metamorphosierten“ Sedimenten; an zahlreichen Stellen sind solche letztere eingetragen, wo sich überhaupt auf mehrere Kilometer hin eruptive Gesteine nicht nachweisen ließen. Klockmann erblickt in diesen Zonen Tuffe und tuff- und aschenhaltige Gesteine, welche durch Übergänge mit tufffreien Sedimenten verbunden sind. Nach Gonzalo soll die „Metamorphose“ die Schiefer in „Porphyroide“ von kristalliner Struktur umgewandelt haben. Die grünlich-weißen Gesteine, welche zu Rio-Tinto zwischen den Kieslagern und im Kontakt mit Porphyr auftreten, enthalten Feldspatkristalle, sind von Quarzadern durchzogen und führen Eisenglanz und Pyrit; bei Zarza treten in der Nähe des Kiesstockes manganführende Jaspise auf. In den von Gonzalo angegebenen äußerlichen Merkmalen sind durchaus keine Beweise für eine Kontaktmetamorphose gegeben, solche hätten durch ein genaueres mikroskopisches Studium erbracht werden müssen. Diesbezügliche Veröffentlichungen liegen noch nicht vor, und Klockmanns Auffassung hat bisher noch keine überzeugende Widerlegung gefunden.

Die Kieslagerstätten sind an eine mehr als 200 km lange, dabei ungefähr 20 km breite, etwa O.—W. streichende Zone gebunden. Bisher (Klockmann, 1894) sind über 50 solcher Vorkommnisse bekannt geworden. Ihre Dimensionen schwanken außerordentlich. Nachstehende, von Vogt mitgeteilte Angaben sollen die Ausmaße einiger Lagerstätten wiedergeben:

	Länge	Größe Mächtigkeit	Durch- schnittliche Mächtigkeit a. d. Oberfläche	Kiesareal an der Oberfläche	Tiefster Schacht 1896
	m	m	m	qm	m
Dionisio	ca. 1000	ca. 150	ca. 60—70	60000—70000	375
Südlager	„ 1100	„ 180	„ 40—60	50000	300
Nordlager	„ 300	„ 100	„ 80	25000	150
Aguas Tenidas . .	„ 150	„ 75	„ 50	7000	150
San Domingos . .	„ 400	„ 75	„ 30—50	15000	150

Manche der Kieslager sind einige hundert Meter lang und wenige Meter dick. Die größeren haben zum Teil die Form gewaltiger Klumpen und gegenüber ihrer großen Mächtigkeit eine verhältnismäßig kleine streichende Länge, dabei scheinbar nur eine geringe vertikale Erstreckung. Sie keilen sich ziemlich rasch nach der Tiefe aus.<sup>1)</sup> Im großen ganzen ist die Form der Kiesmassen eine linsenförmige. Ihre gemeinsamen Merkmale sind nach Klockmann folgende: Die Kiese liegen konkordant zwischen dem Nebengestein; bei scheinbaren Ausnahmen läßt sich nachweisen, daß Schieferung mit Schichtung verwechselt worden ist. Es fehlen alle Anzeichen für ein späteres Eindringen der primären Kiesmassen längs Spalten. Tektonische Begrenzungsflächen, wie bei Gängen, oder Zerreibungsprodukte, Nebengesteinsbruchstücke, an- und ablaufende Trümer sind nicht vorhanden. Scheinbare Ausbuchtungen und Gabelungen der Massen, welche man wohl als Trümer bezeichnet hat, führt Klockmann auf Wechselagerung mit dem Nebengestein, auf Einfaltungen und auf Unregelmäßigkeiten der Ablagerungsflächen zurück. Auf jeden Fall haben sie aber mit Gangspalten nichts zu tun. Scheinbar werden wohl die Kieslagerstätten von mürben, salbandähnlichen Zonen des Nebengesteines begleitet. Diese sind aber dadurch entstanden, daß die durch die Verwitterung der Kiese entstehende Säure das Nebengestein zersetzt hat; wo in größerer Teufe der Kies nicht mehr verwittert ist, schwinden auch diese mürben Nebengesteinsmassen. In der Erzmasse fehlen Drusenräume ganz, auch im übrigen ist ihre Struktur verschieden von derjenigen der Erzgänge. Der Kies ist in seiner ganzen Masse derb und mit sehr seltenen Ausnahmen ohne Andeutung einer Schichtung oder Bänderung. Nur ausnahmsweise ist eine solche z. B. bei Tharsis und San Telmo zu erkennen, und zu La Laja kommen nach Vogt Erze vor, die ganz so aussehen wie die melierten Erze des Rammelsbergs.<sup>2)</sup> „Im Hangenden wie im Liegenden der Kieslager finden sich manchmal Schiefer, welche mit Kiesen imprägniert sind, im übrigen aber sich nicht von den erzleeren Schiefen unterscheiden; zwischen derben Kiesmassen und erzführenden Schiefen besteht nur ein quantitativer Übergang.“ (Klockmann.) Es spricht nichts dafür, daß die Einwanderung der Kiese im Gefolge der Gebirgsfaltung vor sich gegangen sei. Falsche Schieferung findet sich nicht nur im Nebengestein der Lager, sondern auch in den Kiesmassen selbst.

<sup>1)</sup> \* Es versteht sich wohl von selbst, daß die jetzige, oft so merkwürdige Gestalt der Kieslager keine ursprüngliche zu sein braucht und auch kaum ist. Sie dürfte wohl die Folge von Zerreibungen, Zerdehnungen und Walzungen in dem hochgradig gefalteten und zerrissenen Gebirge sein. Man beachte die Fig. 82, welche eine einfachere Wiedergabe von Gonzalo y Tarins Abbildung, Bd. III, Taf. IX, Fig. 1a, 2a ist. Die zusammengehörigen Lager besitzen zusammen eine streichende Länge von 2300 m. Es ist ferner selbstverständlich anzunehmen, daß solche Zerreibungen auch in vertikaler Richtung stattgefunden haben, wenn naturgemäß auch die nicht zutage streichenden, jedenfalls aber in der Tiefe vorhandenen Linsen unbekannt geblieben sind. Auch kann man nicht wissen, wieviel von der vertikalen Erstreckung der austreichenden Kieslager bereits der Abrasion zum Opfer gefallen ist. \*

<sup>2)</sup> Vogt fügt dem hinzu: „Dies deutet entschieden auf dieselbe Genesis der zwei Erzlagerstätten.“

Die hauptsächlichsten Bestandteile der unzersetzten Lagerstätten sind Schwefel- und Kupferkies. Zinkblende und Bleiglanz sind zwar weit verbreitet, indessen nicht in großen Mengen vorhanden. Magnetkies kommt nur stellenweise vor, Arsenkies findet sich selten rein, ist indessen in inniger Mischung gewöhnlich an die Pyrite gebunden. Kupferindig, Kupferglanz (Mineral negrillo), Buntkupfererz treten stellenweise sekundär auf und erhöhen den Kupfergehalt der Masse. Markasit ist nicht selten. Den eisernen Hut der Lagerstätten bilden Braun- und Roteisenerz, letzteres in verschiedenen Modifikationen; stellenweise (z. B. in den Lagerstätten von Cala) soll auch Magnetit als wichtiges Umwandlungsprodukt des Pyrits auftreten. Gediegen Kupfer, Kupferlasur, Malachit, Eisen- und Kupfervitriol sind mehr oder weniger häufig. Kupferglanz wird in den alten römischen Abbauen als sekundäres Produkt angetroffen.

Äußerlich sind die Lagerstätten gekennzeichnet durch den eisernen Hut oder, wenn sie im Altertum durch Tagebau bearbeitet worden waren, durch mehr oder weniger tiefe graben- oder sogar talförmige Einsenkungen. Aus beiden Erscheinungen läßt sich in der Regel ein Schluß auf die Ausdehnung der Lagerstätte, teilweise auch auf ihre Zusammensetzung ziehen. Den eisernen Hut dieser Kiesmassen nennt der spanische Bergmann den *sombrero* oder *montera* de hierro, den intensiv roten, eisenschüssigen Boden die *tierra colorada*. Die Tiefe, bis zu welcher die Verwitterungszone hinabsetzt, ist natürlich nicht überall dieselbe, sie beträgt von 2—3 m bis zu 50 m. Der Übergang vom eisernen Hut zum unzersetzten Erz ist meistens ein unvermittelter. Wie Vogt berichtet, enthält im Nordlager von Rio-Tinto eine bis zu einigen Dezimetern mächtige erdige Lage zwischen dem zersetzten und frischen Kies einen Goldgehalt von etwa 15—30 g Gold und etwa 1,25 kg Silber in der Tonne. Diese Anreicherungen sind sekundär verlagerte Rückstände der weggeführten Kiese. Die Verwitterung der letzteren ging in enormem Maße vor sich, und auch in historischer Zeit hat noch eine ganz bedeutende Wegfuhr von Vitriolen stattgefunden. So hat D. Casiano de Prado<sup>1)</sup> berechnet, daß die Lagerstätten von Rio-Tinto seit dem Sturz des römischen Reichs etwa 80000 t Kupfer durch Auslaugung verloren hätten. Wie groß die weggeführten Mengen von Eisen gewesen sein müssen, dafür sprechen die Eisenockerabsätze längs der Flüsse, welche die Provinz durchströmen, und der Fluß Rio-Tinto hat, wie sich denken läßt, von ihnen seinen Namen.

Nach Gonzalo gibt es kein allgemein geltendes Gesetz für die Verbreitung des Kupfergehaltes. Man hat die Regel aufstellen wollen, daß der relative Kupfergehalt des Kiesel im umgekehrten Verhältnis zur Kiesmasse stehe; im großen ganzen sollen zwar nach Gonzalo die kleineren Kiesstöcke etwas reicher an Kupfer sein als die großen, aber auch das ist keine Regel. Ganz kupferfrei sind nur wenige Kiese, beispielsweise der von El Confessionario.

Die allgemeine Zusammensetzung des aus Huelva exportierten Kiesel erhellt aus folgenden von Gonzalo mitgeteilten Analysen:

<sup>1)</sup> Zitiert von Gonzalo.

S . . . . .	48,00	49,30	49,60	44,60
Fe . . . . .	40,74	41,41	42,88	38,70
Cu . . . . .	3,42	5,81	2,26	3,80
Pb . . . . .	0,82	0,66	0,52	0,58
Zn . . . . .	Spur	Spur	0,10	0,30
As . . . . .	0,21	0,31	0,28	0,26
Sb . . . . .	Spur	Spur	Spur	Spur
CaO . . . . .	0,21	0,14	0,18	0,14
MgO . . . . .	0,08	Spur	Spur	Spur
SiO <sub>2</sub> . . . . .	5,67	2,00	2,94	11,10
O an Fe gebunden . . . . .	0,09	0,25	0,15	0,23
Feuchtigkeit . . . . .	0,91	0,05	0,95	0,17
	100,15	99,93	99,46	99,88

Daneben geringe Mengen von Silber und Gold.

Im besonderen ist die Zusammensetzung der Exporterze des Dionisio- und des Nerva-Kiesstocks zu Rio-Tinto (I) und des Nordlagers von Tharsis (II) folgende:

	I	II		I	II
S . . . . .	47,76	47,43	Au . . . . .	0,0000892	—
Fe . . . . .	43,99	41,30	Se . . . . .	Spuren	—
Cu . . . . .	3,69	3,73	Tl . . . . .	Spuren	—
Pb . . . . .	0,10	0,58	Mn . . . . .	—	Spuren
Zn . . . . .	0,24	Spuren	CaO . . . . .	0,23	0,67
Co . . . . .	0,05	0,06	MgO . . . . .	0,07	0,10
Ni . . . . .	—	Spuren	SiO <sub>2</sub> . . . . .	1,99	3,68
As . . . . .	0,83	0,33	SO <sub>2</sub> . . . . .	—	1,40
Sb . . . . .	—	0,14	H <sub>2</sub> O . . . . .	0,48	—
Bi . . . . .	0,37	Spuren	Organisches . . . . .	—	0,13
Ag . . . . .	0,004	0,01			

Im Kontakt mit den eruptiven Gesteinen oder in ihrer Nähe bemerkt man Anreicherungen von Kupfererzen besonders dann, wenn jene durch die Verwitterung des Kieses hochgradig zersetzt und in kaolinische Massen umgewandelt worden sind.<sup>1)</sup> Aus diesem Grunde hat man in einzelnen Zonen der Mine San Telmo eine außergewöhnliche Anreicherung des Lagers bis auf 9% Kupfer beobachten können. Mit derartigen sekundären Vorgängen dürfte auch die sehr wichtige Erscheinung zusammenhängen, daß die Kieslagerstätten im allgemeinen nach der Tiefe zu an Kupfer ärmer werden. So hat das Lager von San Domingos nach Vogt unmittelbar unter dem eisernen Hut 4—5% in 60—80 m 2%, in 100 m etwa 1,5% und in 130 m Tiefe nur noch 1—1,25% Kupfer ergeben. Es ist das dieselbe Erscheinung, welche den Wert der Faluner Kiese (Schweden) mit vorschreitendem Abbau geringer werden ließ.<sup>2)</sup> Als Folgen solcher sekundärer Umlagerungen will man zu Rio-Tinto Gänge von Quarz, Kupferglanz, Buntkupfererz und Kupferkies ansehen, in denen auch Bleiglanz, Zinkblende und

<sup>1)</sup> Der Kaolin adsorbiert Kupfersalze.

<sup>2)</sup> Siehe auch S. 319.

Fahlerz auftreten. Sie sind schon von den Römern für sich abgebaut worden, und auch heute noch lohnt sich ihre gesonderte Bearbeitung, wofern sie nur mächtig genug sind.

Die wichtigsten Lagerstätten der Gegend sind folgende:

1. Bei Rio-Tinto.

a) Das Nervalager (Criadero de Nerva). Dasselbe ist auf etwa 1000 m im Streichen nachgewiesen worden; seine größte Mächtigkeit hat etwa 130 m (nach Vogt 180 m) betragen. Im Hangenden der Lagerstätte steht Tonschiefer an, sein Liegendes wird als Porphyry bezeichnet. Mit diesem Nervalager dürfte

b) das Lager von San Dionisio eine geologische Einheit bilden; dasselbe wird durch eine etwa 200 m lange Zone kleinerer Kiesmassen von ersterem getrennt und ist gegenüber diesem etwas nach Süden verschoben. Beide streichen ungefähr OW. und werden miteinander als die Südlager benannt (Fig. 82). Das Dionisio-Lager ist etwa 1000 m lang und hat ungefähr 150 m (nach Vogt 1896, nach Gonzalo 1888 100 m) größte Mächtigkeit. Hangendes und Liegendes ist wie bei dem Nervalager, beide Lager fallen fast senkrecht ein.

Nördlich von den vorigen befinden sich die drei Lager Balcón del Moro, La Cueva del Lago und Salomón, die zusammen als das Nordlager bezeichnet werden. Zu römischer Zeit und schon vorher durch die Phöniciern haben die Nordlager eine intensive Bearbeitung erfahren, wie aus den riesigen Schlackenmassen in ihrer Umgebung hervorgeht.

Die Kiesmassen bei Rio-Tinto werden teils im Tagebau (Nervalager z. T.), teils unterirdisch abgebaut (Nervalager z. T., Dionisio und die drei Nordlager). Insgesamt sollen sie nach einer Berechnung Vogts 175—200 Mill. Tonnen Erz enthalten haben, von denen noch 135 Mill.<sup>1)</sup> vorhanden sein dürften. Ein nicht unbedeutlicher Teil dieser Masse ist indessen kupferarm.

2. Bei Tharsis, 5 km nördl. vom Städtchen Alosno. Man baut dort auf 5 Kiesstöcken und auf Tonschiefern, welche reichlich mit Kiesen imprägniert sind; auch hier zeugen Schlacken und alte Baue davon, daß die Minen bereits den Phöniciern und Römern Kupfer geliefert haben. Nach Rio-Tinto sind die Lagerstätten von Tharsis die größten. Sie liegen eingebettet in Tonschiefern, die mit Grauwacken wechsellagern; als „Porphyre“ bezeichnete Gesteine finden sich in der Umgebung, scheinen indessen nicht in unmittelbarem Kontakt mit den Kiesmassen zu treten. Der mächtigste der Kiesstöcke von Tharsis ist etwa 600 m lang und soll eine mittlere Mächtigkeit von 100 m besitzen.

3. Zu Zarza existieren drei Kiesstöcke. Unmittelbar bei dem Orte zieht sich eine Kiesmasse von etwa 800 m Länge hin. Sie besteht aus zwei Linsen von je 450 m Länge, welche wie aneinander vorbeigeschoben sind und durch ein schmales und kurzes Verbindungsstück zusammenhängen (Fig. 82). Die südwestliche hat eine größte Mächtigkeit von etwa 100 m, die nordöstliche eine solche von etwa 75 m. Eine zweite Masse macht sich südöstlich der Stadt auf eine Entfernung von über 1000 m hin durch ihren eisernen Hut bemerkbar. Eine dritte kleine Linse liegt 250 m westlich der ersteren und im Streichen

<sup>1)</sup> Mineral Industry, 1895.

derselben. Die Kiesstöcke von Zarza sind nach Gonzalos Übersichtskarte und Beschreibung in Tonschiefer eingeschlossen.

4. San Telmo. Das Gebiet ist von starken tektonischen Störungen betroffen worden, die Tonschiefer- und Grauwackeschichten sind vielfach im Streichen wie im Fallen gebogen; die Kieslager haben diese Störungen mitgemacht und besitzen deshalb ganz besonders unregelmäßige Formen.<sup>1)</sup> Von den etwa zehn Kiesmassen ist der San Telmo-Kiesstock der bedeutendste; er ist bogenförmig gekrümmt, mehrfach verzweigt und besitzt eine Länge von 400 m bei einer wechselnden Mächtigkeit bis zu 30 m. Die Kiesstöcke scheinen nur von Schiefen begleitet zu sein.

5. Auf portugiesischem Gebiet liegt die Grube von San Domingos. Der senkrecht einfallende Kiesstock ist 500 m lang und an der Oberfläche 60 m mächtig. Auf der Südseite wird er von einer schmalen Bank eines Gesteines begleitet, das de Launay als Diabas bestimmt hat. Auf der anderen Seite stehen stark zersetzte Schiefer und eine Breccie an, deren Trümmer von Schwefelkiesströmern durchzogen und eingehüllt sind. Quarzporphyr wird nach einer Kartenskizze de Launays in einiger Entfernung von der Lagerstätte beobachtet, im großen ganzen aber bilden Schiefer das Nebengestein letzterer. Als Verwitterungsprodukt findet sich zu San Domingos auf Klüften Anglesit; ferner haben schon hier wie zu Rio-Tinto die Römer Gänge mit Buntkupfererz usw. abgebaut, welche den Kiesstock durchsetzen. Nach Vogt ist die Kupferproduktion der Domingosgrube in der Abnahme begriffen; der Abbau ist bereits bis zu 100 m über dem mutmaßlichen unteren Ende des Stocks vorgeschritten, und zudem soll der Kupfergehalt sich mit zunehmender Teufe verringert haben. Von einer jährlichen Produktion von 7000—8000 t Kupfer in den achtziger Jahren des vorigen Jahrhunderts ist der Ertrag auf 3400—4400 t in den neunziger Jahren heruntergegangen.

Außer den genannten Vorkommnissen gibt es noch eine große Anzahl von Kieslagerstätten in der Provinz Huelva, über welche Gonzalos ausführliche technische, statistische und historische Angaben unterrichten.

Die Entstehung der spanisch-portugiesischen Kieslagerstätten ist sowohl im Sinne einer Syngeneese, wie einer Epigeneese erörtert worden. F. Römer hat dieselben für schichtig gehalten und glaubte, dieselben seien gleichzeitig mit dem Nebengestein als mariner Absatz entstanden. Gonzalo und mit ihm de Launay hält sie für spätere Gebilde. Gebirgsfaltung, Intrusion der Gesteine und Einwanderung der Sulfide auf Spalten seien Teile desselben Phänomens. Klockmann hat zuerst die Entstehungsweise der Huelvakiese eingehender erörtert und ist auf Grund eigener Studien über die Frage zu dem Schlusse gekommen, „daß die spanisch-portugiesischen Kieslagerstätten, die bedeutendsten Vertreter der Familie, echte Lager sind, gleichalterig mit dem umgebenden Nebengestein“. Die Auffassung Klockmanns ist durch Vogts Aufsatz (1899) nicht entkräftet worden.

Der Bergbau in der Provinz Huelva und zu San Domingos ist einer der ältesten Europas. Er reicht zurück bis in die allererste Zeit der Verwendung

<sup>1)</sup> Gonzalo y Tarín, II, Taf. 25—26.

des Kupfers und wurde, wie das z. B. bei Rio-Tinto und Tharsis antike Schlackenhaufen, ja ganze Schlackenberge beweisen, schon von den Phöniciern, Karthagern und Römern schwunghaft betrieben. Diese antiken Arbeiten waren zum guten Teil Tagebaue und haben stellenweise zu grabenartigen Vertiefungen der Oberfläche geführt; indessen stammen aus jener Zeit und besonders aus der spätrömischen auch zahlreiche Schächte und großartige Stollenanlagen. Intensiv scheint der Bergbau zur Zeit des Kaisers Nerva (96—98 n. Chr.) getrieben worden zu sein; die in den Schlackenmassen vorgefundenen Münzen reichen aber bis in die Zeit des Kaisers Honorius (393—423). Zur Zeit der Araber ruhte der Bergbau wohl fast ganz, kam gänzlich in Verfall während des Mittelalters, und noch im XVI. und XVII. Jahrhundert, als die Spanier genug Reichtümer aus den amerikanischen Besitzungen zogen, kam es nur zu geringen Versuchen, die alten Baue und vor allem auch die antiken Schlacken wieder nutzbar zu machen. 1725 nahm ein Schwede, Liebert Wolters, mit deutschen und schwedischen Bergleuten den Betrieb zu Rio-Tinto in die Hand, 1752 wurde zum ersten Male Zementkupfer dargestellt, 1790 gab es schon zehn Schmelzöfen. 1873 hatte die Regierung die Mine von Rio-Tinto gekauft, 1875 verkaufte sie dieselbe an die jetzige englische Gesellschaft. 1858 wurde die Grube von San Domingos, 1866 diejenige von Tharsis in Betrieb gesetzt. Während man bis dahin, gezwungen durch die verwitterten Massen der Lagerausbisse, unterirdischen Abbau betrieben hatte, schritt man 1867 zu San Domingos, bald nach 1875 auch zu Rio-Tinto zu der Abräumung der letzteren, so daß in jenen Gebieten mächtige Tagebaue heute die Regel sind.

Die Provinz Huelva gehört jetzt zu den hauptsächlichsten Kupferproduzenten der Erde. Es betrug die Weltkupferproduktion im Jahre 1902 533763 t; davon entfallen auf Spanien und Portugal 50767 t, auf Rio-Tinto 35031 t, auf Tharsis 6817 t. Das Kupferausbringen der Gruben von Rio-Tinto allein entstammte ungefähr 1900000 t Erz, von denen 720000 t nach England, Deutschland und Nordamerika verschifft wurden. Im gleichen Jahre produzierte Deutschland 21951 t (Mansfeld 19050 t), die Vereinigten Staaten 277047 t, Mexiko 40640 t, Japan 30251 t, Chile 29393 t, Australien 29098 t. Im Jahre 1879 lieferte Rio-Tinto 13751 t, Tharsis etwa 11400 t, San Domingos 4690 t; 1887 stellen sich die Ziffern auf bezw. 28500 t, 11000 t und 7000 t.

**Anhang: Ablagerungen von Schwefeleisen in lakustrinen und marinen jüngeren Schichten.**

Kiesausscheidungen sind zwar in vielen jüngeren, marinen Schichten anzutreffen, und es sei da nur an die früher erwähnten pyritführenden Tone erinnert, welche in sehr gleichbleibender Entwicklung manche konkretionären Eisenerze des Jura begleiten (S. 215 u. 219). Aber, soweit bekannt, sind in jüngeren Sedimenten nirgends wieder eigentliche kupferführende, massige Kieslager zur Entwicklung gekommen. Die nachstehend erwähnten Vorkommnisse können auch schon deshalb nicht mit den Kieslagern verglichen werden, weil sie größtenteils in süßen Wässern und wohl unter dem besonderen Zutun pflanzlicher Verwesung entstanden sind. Das Schwefelkiesvorkommen von Wollin aber beweist, daß sich lokal in kalkigem marinen Schlamm größere reine Massen des Eisensulfids unabhängig von vulkanischen Ereignissen zu bilden vermögen, wie das dann weiterhin noch an anderen Beispielen gezeigt werden soll.

Die in den verschiedensten Gegenden Deutschlands auftretenden **tertiären Braunkohlenablagerungen** sind mehr oder weniger reich an Pyrit und vor allem an Markasit in Kristallen und Konkretionen. Ihre Verwitterung führt zur Bildung von Alauntonen, welche technische Bedeutung gewonnen haben, während die Sulfide zur Darstellung von Eisenvitriol verwendet worden sind.<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> v. Dechen, Die nutzbaren Mineralien und Gebirgsarten im Deutschen Reiche, 1873, 683—685.

Zu Buchweiler am Ostabhange der Vogesen ist die Braunkohle größtenteils zur Darstellung von Alaun und Vitriol, nur zum geringeren Teil als Brennmaterial benutzt worden. In den Tonen und Sanden der Braunkohlenformation des Aachener Bergreviers kommen neben Sphärosideriten und Brauneisenstein geschlossene Bänke von Schwefeleisen vor. Eine Kiesbank von 2 m Mächtigkeit soll in dem Bohrloch der Gemeinde Winkel bei Rheinberg, Kreis Mörs, in 280 m Teufe erbohrt worden sein; sie hatte grünen Sand als Hangendes und bläulichen Ton als Liegendes.<sup>1)</sup> Im Falkenau-Karlsbader Becken finden sich z. B. bei Altsattel Eisenkies und Markasit, teils in Knollen, teils eingesprengt, so reichlich in den Tonen der Braunkohlenformation, daß sie zur Schwefelsäureherstellung Verwendung gefunden haben.<sup>2)</sup> Diese Beispiele ließen sich außerordentlich vermehren, die Verbreitung besonders der Alauntone ist gleichfalls eine sehr weite. Solche Tone enthalten erdige Beimengungen von Braunkohle und sind reichlich mit Schwefelkies oder Markasit imprägniert; sie bilden häufig das Hangende der Braunkohlenflöze. v. Dechen zählt eine große Menge solcher Vorkommnisse auf, welche technisch verwertet worden sind, beispielsweise am Rande des rheinischen Schiefergebirges bei Friesdorf und Godesberg, Lengsdorf, Alfter im Kreis Bonn, bei Oberkassel, Stieldorf, Pützchen, Ruhleben an der Grenze des Siegerkreises und des Kreises Bonn, bei Spich im Siegbkreis, bei Neuwied; in Hessen liegen u. a. unter der Blätterkohle von Annerod Knollen und Körner von Kies in Basalttuff; im Reg.-Bez. Cassel wurde bei Oberkaufungen früher Alaun, in neuerer Zeit Kies für die Schwefelsäureherstellung gewonnen, in ähnlicher Weise geschah dies bei Groß-Almerode, wo prächtige Markasitknollen gefunden werden. Die in den Braunkohlen von Westeregeln im Reg.-Bez. Magdeburg vorkommenden Kiese sind früher zur Vitriolherstellung benutzt worden. Bei Schwemsal, nahe Düben im Kreis Bitterfeld, Reg.-Bez. Merseburg, kennt man drei 11,30—12,55 m mächtige Lager von Alaunton mit zwischenliegendem Sand, welche mehrere Kilometer weit zu verfolgen sind, usw.

Viele Torflager sind so reichlich mit Eisenkies durchsetzt, daß sie bei dessen Verwitterung zu Vitrioltorf werden. Mehrere Beispiele erwähnt v. Dechen aus den Kreisen Düren, Torgau, Wittenberg, Grottkau und Neisse. Über die oberschlesischen Vitrioltorflager hat F. Römer<sup>3)</sup> berichtet.

In der oberen Kreide (Scaphitenschichten) der Insel Wollin,<sup>4)</sup> und zwar nur in den unteren, nicht feuersteinführenden tonigen Schichten, kommen reichliche Mengen von Schwefelkies „in den mannigfachsten und seltsamsten Formbildungen“ vor. „Bald sind es Nester, Nieren, Adern, bald Platten und Knollen. Besonders reich an Schwefelkies scheint die nicht feuersteinführende Kreide am Ostseestrand bei Jordensee zu sein“ (Behrens). Dort wurde im Jahre 1859 ein Kiesbergbau eröffnet, nachdem man schon im XVI. Jahrhundert eine Verwertung des Erzes versucht hatte. In dem grauen Gesteine kommen Knollen und Platten bis zum Gewicht von mehreren Zentnern vor, welche meistens ringsum von Markasit umgeben sind. Man hat s. Z. bei Swinhöft ein Bohrloch niedergebracht, welches für die pyritführende Schicht eine Mächtigkeit von mindestens 30 m unter dem Meeresspiegel ergab. Durch die Brandung wird der Schwefel-

<sup>1)</sup> H. Wagner, Beschreibung des Bergreviers Aachen, 1881, 55.

<sup>2)</sup> Katzer, Geologie von Böhmen, 1388—1391. — Hauer, Geologie der Österreich.-Ungar. Monarchie, 2. Aufl., 1878.

<sup>3)</sup> Geologie von Oberschlesien, 1870, 563. — Weiteres über den oberschlesischen Vitrioltorf und den letzteren im allgemeinen siehe bei F. Senft, Die Humus-, Marsch-, Torf- und Limonitbildungen. Leipzig 1862, 148—150.

<sup>4)</sup> Unger, Der Schwefelkiesbergbau auf der Insel Wollin; Ztschr. d. d. geol. Ges., XII, 1860, 548—566. — Behrens, ebenda XXX, 1878, 235—236.

kies aus dem über dem Meere in 6—9 m Mächtigkeit anstehenden Ton herausgewaschen: „In dem Felde der Grube Gottestreue enthält der Strand eine große Menge Schwefelkies, welcher wegen seines spezifischen Gewichts von dem im Laufe der Zeit abgespülten Küstenlande zurückgeblieben ist. Zu Zeiten, wo die Wogen den leichten Sand fortgeführt haben, liegen ganz reine Lager von Schwefelkiesgeschieben auf dem Strande, und wenn der Landwind die See hinausdrängt, sieht man sogar weit in das Meer hinein unter dem Wasser den Kreidegrund mit den Schwefelkieseinlagerungen“ (Unger). Die über dem Meere am Strande liegenden Schwefelkiese sind durch die Atmosphärien so stark angegriffen worden, daß der ganze Sand rot gefärbt und fast aller Schwefelkies als solcher verschwunden ist; er ist nur dort unverändert, wo er vom Seewasser bedeckt wird. Eine anschauliche Schilderung der ehemaligen Kiesgewinnung hat gleichfalls Unger gegeben. Die Schwefelkiese ließen sich in großen Mengen nach jedem Sturm am Ufer auflösen, im übrigen wurden sie aus dem Boden gegraben. Ein einzelner Mann vermochte an einem Tage 2—3 Ztr. zu gewinnen. Auch ein weniger ergiebiger unterirdischer Bergbau war eingeleitet worden. Der Kies war sehr rein und wurde zur Vitriol- und Schwefelsäureherstellung benutzt. Im Jahr 1859 betrug die Förderung 4192 Ztr.

Ein merkwürdiges Vorkommen von Sulfaten und Sulfiden ist von der Naphthainsel **Tschelekén**<sup>1)</sup> im kaspischen Meer bekannt geworden. Eine schmutzig ockergelbe, 6 m mächtige erdige Masse bildet Hügel in der Mitte der Insel, etwa 1,5 km von der Westküste derselben entfernt. Das Eisensalz liegt frei zutage und besitzt in der Tiefe eine intensivere Färbung. Am Fuße der Hügelkette treten heiße Quellen mit Spuren von Naphtha hervor. Der Fundort heißt Sarakaja. Das Salz besteht größtenteils aus einem wasserhaltigen Eisenoxydsulfat und ist wohl Gelbeisenerz ( $K_2O \cdot 4Fe_2O_3 \cdot 5SO_3 + 9H_2O$ ). Die Turkmener benutzen dasselbe zum Färben der Teppiche, indem sie daraus mit Granatäpfelschalen eine schwarze Tinte darstellen. Ein anderes Eisensalzlager liegt 5 km von dem vorigen; es besteht in seinen oberen Teilen aus einer fußdicken Lage von Eisenvitriol, darunter liegt eine über 1 m mächtige Masse eines schön zitron- bis orangegelben Salzes, das von Frenzel nach dem Fundorte Urus Ursit genannt worden ist ( $2Na_2O \cdot Fe_2O_3 \cdot 4SO_3 + 7H_2O$ ); es ist verunreinigt mit Eisenvitriol. Der letztere ist durchwachsen mit Eisenkies. An der Nordgrenze des Plateaus von Urus treten weiterhin schmutzig graugrüne Gemenge von Eisenoxydul- und -Oxydsulfaten mit Ton, Schwefel und organischer Substanz auf und nordöstlich davon kommen derbe feste Massen von vorherrschendem Schwefelkies und Gips vor, in deren Hohlräumen kleine Schwefelkriställchen zu beobachten sind. Schwefelquellen sind auf der Insel Tschelekén verbreitet; ihre Absätze bestehen aus Gips, Haarsalz und Schwefel, vermengt mit Quarz, Glimmerblättchen und Gesteinsbröckchen.

#### \* Allgemeine Bemerkungen über die Entstehung der Kieslager.

Bezüglich der äußeren Erscheinungsweise und des geologischen Auftretens der an Tonschiefer gebundenen Kieslager und der daraus auf ihre Entstehungsweise zu ziehenden Schlüsse gilt sehr vieles, was S. 320—328 schon von den sehr analogen Gebilden in den metamorphen Schieferen gesagt worden ist. Stofflich unterscheiden sich beide Gruppen dadurch, daß der dort weitverbreitete Magnetkies und der Magnetit in den Kieslagern der Tonschiefer keine Bedeutung hat und kristalline Silikatneubildungen sehr in den Hintergrund

<sup>1)</sup> Frenzel bei O. Schneider, Naturw. Beiträge zur Kenntnis der Kaukasusländer. Isis 1878; Ref. N. Jahrb., 1879, 88—91. — Frenzel, Mineralogisches aus Kasien; Tscherm. min. u. petr. Mitt., II, 1880, 125—136.

treten. Schwerspat ist reichlich vorhanden im Rammelsberg und zu Meggen, fehlt aber scheinbar als Lagerart in den spanisch-portugiesischen Kiesen. Andeutungen oolithischer Struktur finden sich gleichfalls in den beiden Kieslagern des norddeutschen Mitteldevon, und das Auftreten der von Schwerspat umhüllten Pyritkugeln im Rammelsberger Erz ließ die Anwesenheit von mikroskopischen Lebewesen zur Zeit des Erzniederschlags wahrscheinlich erscheinen, weil ihre große Regelmäßigkeit nicht anders zu erklären wäre und weil tatsächlich mit Kies erfüllte Kalkschalen von Foraminiferen in den benachbarten Tonschiefern vorkommen. Ob aber jene Organismen passiv oder gar aktiv an der Erzausfällung beteiligt waren, muß dahingestellt bleiben.

Was die Herkunft der in den Kieslagern aufgespeicherten Metalle anlangt, so ist zunächst daran zu erinnern, daß das hauptsächlichste derselben das Eisen ist. Schichtige Absätze von oxydischen Erzen des letzteren sind zweifellos in großer Zahl in Formationen verschiedensten Alters bekannt. Das Eisen mag dort größtenteils vom benachbarten Festlande her in das Meer in gelöster Form, vielleicht auch als Schlamm eingeführt worden sein, möglicherweise in gewissen Fällen auch submarinen Eisenquellen entstammen. Wie groß die auf solche Weise geförderten Eisenmengen sein können, hat Bischof<sup>1)</sup> an einem Beispiele berechnet. Danach liefert ein Eisensäuerling bei Burgbrohl in der Eifel im Jahre 2628 Pfd. Eisenoxydhydrat. Die in der Umgebung jenes Ortes entspringenden Säuerlinge vermöchten in einem Jahrtausend ein Eisenockerlager von 6 qkm Fläche und 1 Fuß Mächtigkeit zu bilden. Bezüglich der Herkunft des zur Bildung eines reinen Eisenkieslagers und des in den Kieslagern überhaupt möglichen Schwefels ist zweierlei denkbar: er könnte ohne Zutun vulkanischer Prozesse durch verwesende Organismen als Schwefelwasserstoff entstanden oder er könnte als Fumarolenprodukt in das Meer gelangt sein. Beispiele für erstere Ursprungsart sind bekannt. So macht Forchhammer<sup>2)</sup> auf die Eigenschaft gewisser Seetange, besonders *Fucus vesiculosus*, aufmerksam, dem Meere Schwefelsäure (bis 8,5% des Trockengewichts) gebunden an Kali, Natron und Kalk zu entziehen. Infolge des Sauerstoffverbrauchs bei der Fäulnis dieser Pflanzen werden die Sulfate zu Sulfiden reduziert und aus diesen durch die gleichzeitig sich entwickelnde Kohlensäure der Schwefel als Schwefelwasserstoff ausgetrieben. Die Entwicklung des letzteren erfolgt so intensiv, daß das Silberzeug in den längs der Küste bei Kopenhagen gelegenen Landhäusern beständig anläuft. Aus Eisenlösungen, welche in verwesende Fucushaufen geraten, wird Schwefelkies ausgefällt, der z. B. an der Küste von Bornholm und Seeland Gerölle überkrustet. „An der Landspitze von Kronburg, in der Nähe von Helsingör, werden jährlich in den Monaten November und Dezember über 30 000 Fuhren (für 2 Pferde) Seegras an die Küste geworfen; diese, wenn man auf jede 500 Pfd. trockener Pflanzen rechnet, sind gleich 15 Mill. Pfd., wovon 3% Schwefelsäure 450 000 Pfd. Schwefelsäure und

<sup>1)</sup> Lehrbuch der chemischen und physikalischen Geologie; 1. Aufl., I, 1847, 904.

<sup>2)</sup> Über den Einfluß der fucusartigen Pflanzen auf die Formationen der Erde. Erdm. Journ. f. prakt. Chemie, XXXVI, 1845, 385—412.

332000 Pfd. Schwefelkies ausmachen würden; und wenn man dann jeden Kubikfuß Alaunschiefer zu 150 Pfd. annimmt und in dem Alaunschiefer durchschnittlich 2% Schwefelkies, so würde die jährlich an die Küste von Kronburg ausgeworfene Quantität Seegras hinreichend sein, um 111000 Kubikfuß Alaunschiefer mit Schwefelkies zu versehen.“ (Forchhammer.)

Auf solche Weise könnten die reichlichen Pyritmengen entstanden sein, welche im Liegenden der Lothringer Minette oder mit den oolithischen Eisenerzen Englands vorkommen.

Die Bildung von reichlichem Schwefeleisen geht heute in den Seen der kaspischen Niederung und im Schwarzen Meere vor sich. So wird nach C. Schmidt<sup>1)</sup> im Tinetzky-See durch Wechselwirkung von Chloriden mit schwefelsaurer Magnesia viel schwefelsaures Natron gebildet, das seinerseits durch verwesende Algen in das Sulfid übergeführt wird. Durch die Anwesenheit des letzteren wird Schwefeleisen als schwarzer Schlamm ausgefällt. Viel Schwefeleisen wird auf dem Grunde des Schwarzen Meeres angehäuft. In den tieferen Teilen desselben stagniert das am Abflusse gehinderte Wasser, es wird nicht mehr durchlüftet und infolgedessen arm an Sauerstoff. Dagegen ist es so reich an Schwefelwasserstoff, daß sich dessen Geruch schon im Wasser aus Tiefen von 140 m bemerkbar macht und schon bei 180 m alles tierische Leben unmöglich wird. Auf dem Grunde des Meeres müssen sich deshalb die von oben herabsinkenden Reste tierischen und pflanzlichen Lebens anhäufen, ohne oxydiert oder von anderen Lebewesen aufgezehrt zu werden.<sup>2)</sup> In der Tiefe von 365 m enthält das Wasser des Schwarzen Meeres 215, in der von 900 m 570 ccm, bei 2200 m 655 ccm H<sub>2</sub>S in 100 l. Das Gas entsteht jedenfalls auch hier durch die reduzierende Einwirkung der abgestorbenen organischen Reste auf die Sulfate des Meerwassers; durch den Schwefelwasserstoff wird das in letzterem gelöst oder in Sinkstoffen vorhandene Eisen als Schwefeleisen ausgefällt. Andrussow<sup>3)</sup> sagt darüber: „Der Schlamm ist in den meisten Fällen von zweierlei Art: auf den Böschungen der Küste (von 548—1311 m) ein schwarzer, auf dem flachen Boden des Meeres ein dunkelblauer Schlamm. Der schwarze, sehr zähe und klebrige Schlamm auf den Böschungen wird augenblicklich an der Oberfläche grau, wenn er an die Luft gebracht wird. Diese Färbung kommt von der Anwesenheit von FeS, das sich schnell an der Luft oxydiert. Unter dem Mikroskop zeigt sich die färbende Substanz bald in Gestalt kleiner isolierter Kügelchen, bald als Imprägnation im Sand. Die Gegenwart solcher Kügelchen im Innern von Diatomeen bietet vor allem ein großes

<sup>1)</sup> Zitiert von Roth, Allgemeine und chemische Geologie, I, 1879, 470.

<sup>2)</sup> Hann, Hochstetter, Pokorny, Allgemeine Erdkunde, I, 5. Aufl., 1896, 271—272.

<sup>3)</sup> Guide des excursions du VII. Congrès géologique international, 1897, XXIX, 12—13. — Jegunow, Schwefeleisen und Eisenoxydhydrat in den Böden der Limane und des Schwarzen Meeres; Ann. géol. et min. de la Russie, 1897; Ref. N. Jahrb., 1900, I, 224—228. — Sidorenko, Petrographische Untersuchung einiger Schlammproben des Kujalnik-Limans; Mém. d. l. soc. d. natural. d. l. Nouvelle Russie, XXI, 1897, 118—133; Ref. ebendort.

Interesse. . . Durch Dredschen (d. i. durch das Schleppnetz) fördert man manchmal in derselben Region Massen von blauem Schlamm zutage, welche mitunter nagelförmige Konkretionen von  $\text{FeS}_2$  enthalten. Dieser Schlamm liegt wahrscheinlich unter dem schwarzen Schlamm.“ Die Frage, ob ähnliche Verhältnisse, wie sie heute im Schwarzen Meere herrschen und hier nur vorübergehend gestreift werden konnten, auch innerhalb der paläozoischen Meere vorhanden waren, auf deren Grund sich die Kieslager und so sulfidreiche Schlammabsätze bildeten, wie wir sie in den Wissenbacher Schiefen beobachten, steht noch offen;<sup>1)</sup> die von Andrussow gegebene Schilderung erinnert aber sicherlich lebhaft an die im Liegenden des Meggener Lagers usw. auftretenden Pyritkonkretionen und die beschriebenen Kieskügelchen.

Auch der in den kiesführenden Tonschiefern oder selbst in dem Kies und zu Meggen auch im Baryt vorhandene Bitumengehalt darf hier nicht übergangen werden, wenn er auch weniger auffällig und reichlich vorhanden ist als im Kupferschiefer. Zur Erklärung des Erzniederschlags in letzterem nimmt man an, daß das Bitumen reduzierend auf die Metallsulfate gewirkt habe. In den jetzt zu Tonschiefern verhärteten Schlämmen mag es aber eine ähnliche Rolle wie die organischen Sinkstoffe auf dem Boden des Schwarzen Meeres gespielt und die im Meere enthaltenen Salze irgendwelcher Art in Sulfide verwandelt haben. Die besondere Natur der Metallsalze, aus welchen die Metallsulfide niedergeschlagen wurden, bliebe dann unentschieden. Es sei hier auch daran erinnert, daß manche von den an metamorphe Schiefer gebundenen Kieslagern von sogen. „graphitischen Schiefen“ begleitet werden, unter denen allerdings mitunter graphitreiche Ruschelzonen gemeint sein könnten.

Aus dem Vorigen ergibt sich, daß die Entstehung reiner Eisenkieslager sehr wohl durch Vorgänge erklärt werden könnte, welche sich heute noch abspielen. Unbeantwortbar bleibt die Frage nach der Herkunft des Kupfers, des Zinks und des Bleies, von denen besonders das erstere sozusagen allgemein in den Kieslagern verbreitet ist. Zwar sind diese und wohl alle anderen in den letzteren auftretenden Metalle im normalen Meerwasser enthalten, dem sie durch tierisches und pflanzliches Leben unter verhältnismäßiger Anreicherung entzogen werden können.<sup>2)</sup> Gold und Silber sind als Bestandteile des Meerwassers schon seit längerer Zeit bekannt. C. A. Münster hat ihre Anwesenheit im Wasser des Christianiafjords (mit 1,83% Eindampfungsrückstand) bestimmt und 20 mg Silber und 5 mg Gold in der Tonne (rund 1 cbm) Wasser gefunden. Er machte sogar den Vorschlag, die Metalle elektrolytisch auszuscheiden.<sup>3)</sup> Dürfte man annehmen, daß infolge irgend eines chemischen Vorganges das Silber und das Gold aus dem Meere ausgefällt werden müßte, dann wären in dem Niederschlage von einem 1 qkm großen Teil 1000 m tiefen Meeres 20000 kg

<sup>1)</sup> Auf die Notwendigkeit, neben den gewiß unerläßlichen paläontologisch-stratigraphischen Studien solche über die physikalischen Bedingungen der alten Sedimentationen mehr in den Vordergrund zu stellen, als es zur Zeit allgemein geschieht, kann nur nachdrücklich hingewiesen werden. Bergstr.

<sup>2)</sup> Roth, l. c. 490—492.

<sup>3)</sup> Eng. Min. Journ., LIII, 1892, 570.

Silber und 5000 kg Gold enthalten. Die sehr weite Verbreitung von Zink im Meerwasser und in marinen Sedimenten ist durch die Untersuchungen Dieulaifaits<sup>1)</sup> erwiesen worden. So enthalten die Mutterlaugen der Salzgärten das Metall, das Mittelmeerwasser soll im Minimum 1,6—2 mg im Kubikmeter führen, und zahlreiche Dolomite und Kalksteine sind zinkhaltig. In allen untersuchten Grundproben von den Expeditionen der Schiffe Travailleur und Talisman wurden Kupfer und Zink gefunden. Indessen ist die Annahme, daß durch Niederschlag aus dem normalen Meerwasser die teilweise großen Massen von Kupferkies, Blende und Bleiglanz der Kieslager entstanden sein könnten, von vornherein die unwahrscheinlichste. Es bleibt auch hier nur die Erklärung, daß dem Meerwasser jene Metalle zugeführt worden sind. Man könnte dabei zunächst an eine Zufuhr vom festen Lande denken und als Ursprungsort der Metallsalze in Zerstörung befindliche Lagerstätten betrachten. Als Beispiel könnten die einer fortwährenden Verwitterung und Auslaugung unterliegenden Kieslager von Rio-Tinto gelten, aus denen seit Jahrtausenden ungeheure Kupfer- und Eisenmengen dem Ozean zugeführt worden sind; diese Einleitung von Metallsalzen in das Meer ist jedoch eine so allmähliche, daß sie dortselbst nur zu äußerst verdünnten Lösungen führen kann. Nur in sehr eng begrenzten oder seichten Meeresbecken könnte sie zu Bedeutung gelangen. Wo solche Voraussetzungen nicht gegeben sind, bleibt nur der Gedanke an eine Zufuhr von Metallverbindungen aus der Tiefe der Erde. Die Möglichkeit, daß solche Lösungen, welche mit aller Wahrscheinlichkeit in der Tiefe der Erdkruste die Ausfüllung der Gangspalten und die Bildung von Erzgängen bewirken, auch an die Oberfläche bzw. auf den Meeresboden vordringen, wird durch gewisse Überlegungen (s. S. 438) erwiesen. Eine sichere Tatsache aber ist, daß durch vulkanische Eruptionen gasförmige Schwermetallverbindungen zur Oberfläche gebracht zu werden pflegen. Die später zu besprechenden erzführenden tertiären Tuffe von Niederkalifornien sind ein zweifelloser Hinweis auf einen solchen Zusammenhang zwischen Magma- und Erzförderung aus der Tiefe. Solche Beziehungen auch für die Kieslager im Rammelsberg, zu Meggen und auf der iberischen Halbinsel anzunehmen, lag nicht fern; deren Entstehung würde also dann eine Begleiterscheinung der damals auf dem Meeresgrund vor sich gehenden Eruptionen sein. Es läge darin dann auch eine Erklärung für die seit langer Zeit erörterte Tatsache, daß Kieslager nur in den paläozoischen Schiefen auftreten, indem auch, wenigstens in den mesozoischen Schichten Europas, fast nirgends wieder Eruptivgesteine in solcher Massenhaftigkeit vorkommen, wie sie für das Mitteldevon Deutschlands, für den Culm Spaniens bezeichnend sind. \*

#### Die Blende- und Bleiglanzlager.<sup>2)</sup>

Die beiden im nachstehenden zu besprechenden Vorkommnisse von Ammeberg und Broken Hill sind, unter dem Gesichtspunkt ihres geologischen

<sup>1)</sup> Ann. chim. phys., (5) XXI, 1880, 267; Compt. Rend., XC, 1880, 1573; XCVI, 1883, 70—72; CL, 1885, 1297.

<sup>2)</sup> Stelzner hat das Zinkblendelager von Ammeberg unter den Fahlbändern behandelt. Die Bleiglanz-Zinkblende-Lagerstätte von Broken Hill gehörte nach seiner

Auftretens betrachtet, zweifellos als Lager zu bezeichnen und sie sollen deshalb hier eingereiht werden. Die Frage, ob sie wirklich auch sedimentär oder auch nur syngenetisch sind, muß einstweilen noch offen bleiben und dürfte wohl nicht zum geringsten Teil von der genetischen Deutung ihres Nebengesteines abhängen. In stofflicher Beziehung sind dieselben nur entfernt miteinander zu vergleichen.

Das Zinkblendelager von **Ämmeberg**<sup>1)</sup> am Nordende des Wetterensees in Örebro (Schweden) ist an einen feinkörnigen „Granulit“ („Eurit“) gebunden, der selbst eine ungefähr 500 m mächtige gewundene Einlagerung im Gneis bildet. Innerhalb des „Granulits“ liegt das Zinkblendevorkommen als eine an diesem Mineral reiche oder fast ganz aus demselben bestehende Modifikation desselben.

Auffassung mit anderen magnetitführenden Sulfidlagern der kristallinen Schiefer, wie z. B. den Lagern von Schwarzenberg in Sachsen, von Pitkäranta, Schneeberg in Tirol u. a. in eine Gruppe, deren Glieder vor allem durch die Begleitung von Granat, Pyroxen und Amphibol gekennzeichnet waren. Da sich inzwischen herausgestellt hat, daß verschiedentliche im Nebengestein dieser Lagerstätten auftretende kristalline Schiefer kaum Sedimente, wie Stelzner gemeint hatte, sondern höchstwahrscheinlich Eruptivgesteine sind, und da anderswo Lagerstätten auftreten, die stofflich und mineralogisch mitunter bis zur völligen Übereinstimmung jenem Typus „Persberg-Schwarzenberg“ Stelzners (s. auch S. 167) gleichen und offenbar Kontaktlagerstätten sind (z. B. im Banat, im Ural, die Magneteisen- und Kupferlagerstätten bei Nischne Tagilek, an der Calamita auf Elba und im gewissen Sinne auch diejenigen von Temperino bei Campiglia in Toskana), so glaube ich der im übrigen bereits weiter verbreiteten Auffassung folgen zu dürfen, daß auch die bezeichneten Lagerstätten teilweise dem unmittelbaren Zutun eruptiver Prozesse Stoff und mineralogische Erscheinung verdanken, demgemäß Kontaktlagerstätten, erzführend gewordene Kalksteine sind. Daß diese Auffassung möglicherweise auch auf die an Kalksteine gebundenen sulfidarmen Magneteisenerze vom Typus Persberg zutrifft, wurde schon S. 167—168 angedeutet. Zu den Kontaktlagerstätten dieser Art dürfen aber offenbar diejenigen von Schneeberg in Tirol und von Broken Hill nicht gezählt werden. Bezüglich der Lagerstätte von Schneeberg in Tirol glaube ich die hohe Wahrscheinlichkeit nicht mehr abweisen zu dürfen, daß dieselbe tatsächlich, wie das von von Elterlein und zuletzt von Weinschenk behauptet worden ist, ein Gang der kiesigen Bleiformation ist, der allerdings durch Metamorphose eine erhebliche Veränderung seines mineralogischen Gepräges erfahren haben muß. Für die Entstehung der Lager von Broken Hill fehlt aber nach meiner Überzeugung bis heute eine befriedigende Erklärung, und ich habe sie deshalb als „Lager“ unter den schichtigen Lagerstätten belassen. Über Stelzners Ansicht siehe meine kurze Mitteilung *Ztschr. f. prakt. Geol.*, 1897, 314—316. *Bergeat.*

<sup>1)</sup> M. Braun, Über das Vorkommen der Blende am Wetterensee in Schweden; *Ztschr. d. deutsch. geol. Ges.*, IX, 1857, 555. — Stapff, Vorkommen der Zinkblende zu Ammeberg; *Berg- u. Hütt. Ztg.*, XX, 1861, 252. — Turley, Der Zinkbergbau der Altenberger Gesellschaft bei Ämmeberg in Schweden; *Berg- u. Hütt. Ztg.*, XXV, 1866, 405—409, 417—420, 425—430, 442—447, 449—454. — Oppermann, La préparation mécanique des minerais de zinc à Ämmeberg; *Ann. d. Mines* (7), XI, 1877, 261—283. — A. Sjögren, Undersökning af den eurit (granulit) som utgör omgifvande bergarten vid Ammebergs zinkgrufvor; *Geol. Fören. Förh.*, V, 1880, 216—227; *Ref. N. Jahrb.*, 1881, II, — 53 —.

Wie sein Muttergestein ist das Lager vielfach im Streichen gebogen und gewunden und besitzt innerhalb aller Biegungen gemessen eine bekannte Länge von 3600 und eine Mächtigkeit von höchstens 15 m. Seine Erzführung wechselt derart, daß es eigentlich aus einer größeren Anzahl ziemlich langgestreckter, unregelmäßiger, mehr oder weniger zusammenhängender, bis zu 200 m langer Linsen besteht. Dieselben können durch fast unbauwürdiges, mit Erz imprägniertes Nebengestein voneinander getrennt sein. Außer der Blende stellt sich auch etwas Bleiglanz ein, der überdies stellenweise im Hangenden oder Liegenden des Zinkblendelagers ein abbauwürdiges Lager bildet. Im Streichen wie im Hangenden geht die Lagerstätte allmählich in das Nebengestein über, im Liegenden dagegen schaltet sich zwischen beide ein Schwefelkies-Magnetkieslager ein, welches gleichfalls an Granulit gebunden ist. Granaten sind darin besonders reichlich; sie bilden manchmal die Hauptmasse des kiesführenden Gesteines, dem sie dann eine rötliche oder grünliche Farbe erteilen. Dem Zinkblendelager fehlt jede skarnähnliche Umhüllung. Im großen ganzen ist das Streichen des Granulits und des darin liegenden Zinkblendefahlbandes ein ostwestliches; indessen erfährt die ganze Zone in ihrer Mitte eine weite Ausbuchtung nach Norden, deren Radius 600—800 m lang ist. Das Einfallen des Lagers beträgt durchschnittlich 60—80° gegen Norden.

Wie das Zinkblendelager substantiell gewissermaßen sich aus dem Nebengestein entwickelt und nur eine besondere erzführende Modifikation desselben darstellt, so macht es auch bis ins kleinste dessen Biegungen und Fältelungen mit; das Sulfid war zweifellos zur Zeit der Faltung schon vorhanden. Zudem zeigen die Erze eine so regelmäßige Bänderung und Schichtung, wie irgend ein aus wechselnden Lagen dunkler und heller Silikate zusammengesetztes kristallines Gestein.

Turmalinführende Pegmatitgänge durchsetzen im Bereich der Godegårdsgrube am östlichsten Lagerteil die Lagerstätte. In der letzteren selbst kommen Wollastonit, Granat und Vesuvian (nach A. Sjögren) vor. Bemerkenswert sind grobkristalline pegmatitische, in die Blende und das Nebengestein eingelagerte Massen von vorwaltendem grünen Mikroklin samt Quarz, Glimmer und Granat. Im übrigen ist die Zinkblende ein Bestandteil des erzführenden Gesteines selbst, und es fehlen deshalb alle gewöhnlichen Gangarten, welche gangförmige Zinkblendevorkommnisse zu begleiten pflegen, ebenso Drusenräume usw.

Die Zusammensetzung der das Erzlager unmittelbar begleitenden Gesteine scheint zwar eine schwankende, indessen stets durch das Zusammenvorkommen von Feldspat (zumeist wohl Orthoklas und Mikroklin), Quarz, Biotit und Granat in feinkörniger Mischung charakterisiert zu sein. Zu den genannten Mineralien kommen u. a. ein lichtgrüner Pyroxen, blaugrüne Hornblende, sehr spärlicher Kalkspat, Muscovit, Apatit und Epidot (?) in wechselnden Verhältnissen. Von Erzen tritt namentlich Zinkblende auf; sie ist ein zweifellos primärer Bestandteil des Gesteines in seiner jetzigen Struktur und mit den Silikaten, vor allem mit Granat eng verwachsen. Bleiglanz und Kiese sind ziemlich verbreitet. Auch im Dünnschliff zeigt sich eine ins feinste gehende Bänderung des Gesteines, die nicht nur durch die Verteilung der Zinkblende, sondern auch des Glimmers in Erscheinung tritt. Der Pyroxen waltet stellenweise so vor, daß man das

Gestein als einen Pyroxengranulit bezeichnen muß,<sup>1)</sup> um so mehr als auch seine Struktur ganz an diejenige sächsischer Vorkommnisse dieses Gesteines erinnert. Ein im Liegenden des Lagers auftretendes Gestein besteht hauptsächlich aus hellgrüner Hornblende, rotem Granat und Epidot, etwas Apatit, Titaneisen (oder Magnetit?) und Magnetkies.

Die Ämmeberger Zinkerze halten im großen Mittel 35% Zink und sind eisenarm. Die reinste Blende ist ziemlich grob kristallinisch-blättrig; gegen das Nebengestein zu findet eine so allmähliche Aufnahme von Silikaten statt, daß eine scharfe Grenze zwischen Erzlager und Granulit überhaupt nicht erkennbar ist. Auf Klüften in der Blendemasse haben sich manchmal dünne Anflüge von Silber angesiedelt, und endlich ist noch das Auftreten von Asphalt bemerkenswert, der gleichfalls, an Kalkspat gebunden, eine jüngere Bildung ist und häufig sogar den letzteren als Kruste überzieht.

Die Zinkgruben von Ämmeberg bestehen seit 1846 und gehören seit 1857 der Gewerkschaft Altenberg (Vieille Montagne); nachdem in früherer Zeit Tagebau stattgefunden hatte, geschieht jetzt der Abbau durch mehrere Schächte, von denen die Nygrufva im östlichen Teil, die Knallagrube im westlichen Teil des Distrikts die wichtigsten sind.

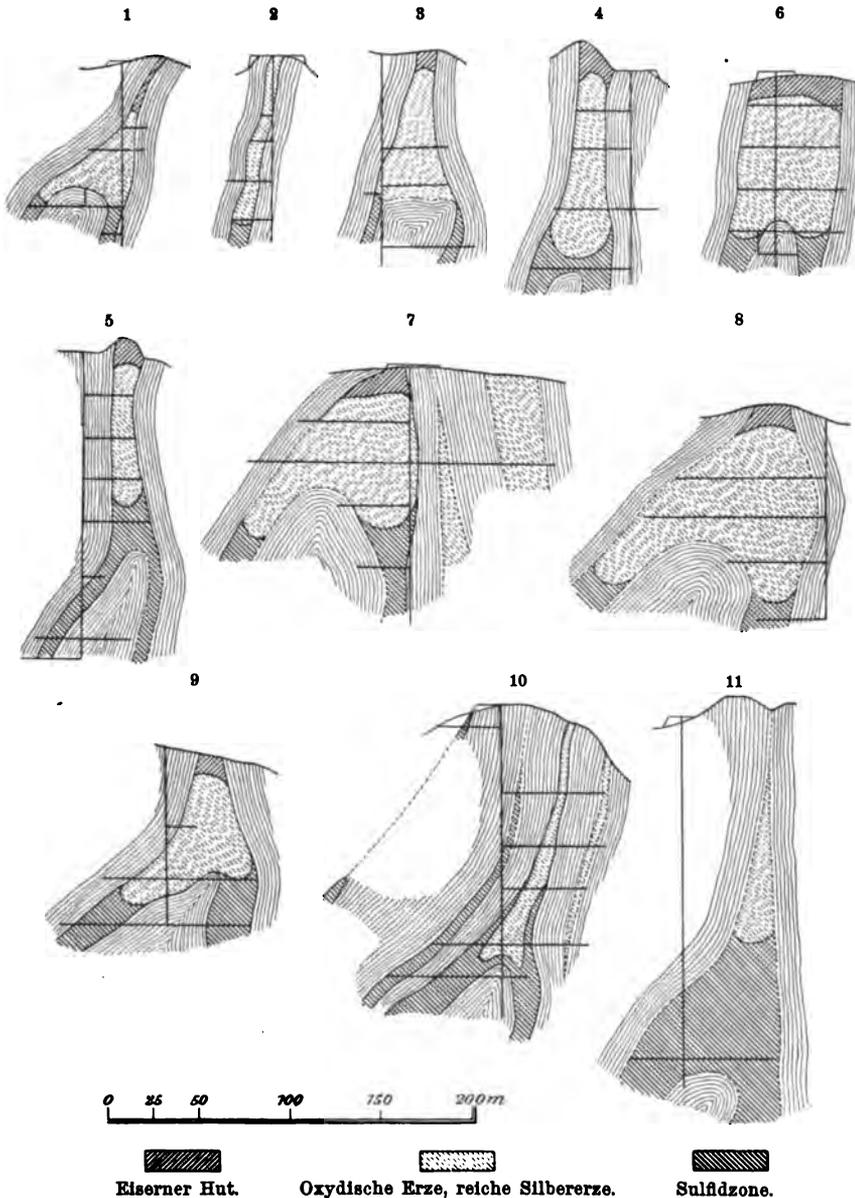
Zu den gewaltigsten Bleiglanzlagerstätten der Erde gehört das Erzlager von **Broken Hill**<sup>2)</sup> in Neu-Südwaies. Dasselbe war zugleich eine Zeitlang eines der großartigsten Silbervorkommnisse und ist vom theoretischen Gesichtspunkt aus eines der besten Beispiele für die Veredelung von Lagerstätten durch die Bildung eines eisernen Hutes. Schon vor etwa 40 Jahren war das dortige Gebiet von Goldsuchern durchstreift worden; im Jahre 1882 entdeckte man Silbererzgänge bei der Stadt Silverton, und seit 1883 kennt man die in der Nähe derselben gelegene Lagerstätte von Broken Hill, deren Erschließung zur Gründung der Stadt Willyama führte. Besonders in den ersten Jahren waren die durch den Bergbau erzielten Gewinne enorme, fast beispiellose.

Broken Hill, ehemals ein gewaltiger, hügelartiger Lagerausstrich, liegt 32 km von der Grenze von Südastralien, 480 km von Adelaide entfernt in der wasserarmen, flachhügeligen, mit Salzbüschen bewachsenen Barrier Range; diese besitzt eine relative Höhe von 60—90 m und eine absolute Erhebung von ungefähr 350 m. Mit Adelaide ist das Grubenfeld seit 1887 durch eine Eisenbahn ver-

<sup>1)</sup> Der obigen mikroskopischen Charakteristik liegt das Material der Clausthaler Bergakademie zugrunde. Die von A. Sjögren 1880 gegebene mikroskopische Beschreibung des Granulits von Ammeberg bedarf scheinbar einer Revision.

<sup>2)</sup> Pittman, On the geological occurrence of the Broken Hill ore-deposits; *Rec. of the Geol. Survey of New South Wales*, III, part. II, 1892. — Jaquet, *Geology of the Broken Hill lode*, 1894; *Ref. über beide Arbeiten Ztschr. f. prakt. Geol.*, 1897, 94—98. — Eisfelder, *Der Silber-, Blei- und Zinkerzbergbau von Broken Hill*; *Berg- u. Hüttenm. Ztg.*, LVII, 1898, 465—466, 475—477, 495—496, LVIII, 1899, 205—207, 229—230, 253—255. — Bergeat, A. W. Stelzners Ansicht von der systematischen Zugehörigkeit der Granat-Bleiglanzlagerstätten von Broken Hill; *Ztschr. f. prakt. Geol.*, 1897, 314—316. — Babu, *Les mines d'or de l'Australie et le gîte d'argent de Broken Hill*; *Ann. d. Mines* (9), IX, 1896, 315—395. — Beck, *Beiträge zur Kenntnis von Broken Hill*; *Ztschr. f. prakt. Geol.*, 1899, 65—71.

bunden. Das an Erzen verschiedener Art recht reiche Gebiet besteht in der Umgebung von Broken Hill aus kristallinen Schiefen, welche von verschiedenen



**Fig. 88.** Profil durch verschiedene Schächte zu Broken Hill. (Jaquet, 1894.)  
 1 Süd-Schacht, 2 Rasp-S., 3 Mc. Culloch-S., 4 Patterson-S., 5 Jamieson-S., 6 Knox-S., 7 Mc. Bridge-S.  
 8 Drew-S., 9 Mc. Gregor-S., 10 Kelly-S., 11 Campbell-S.

Granitmassen durchbrochen und stellenweise diskordant von Kreide- und Tertiärablagerungen bedeckt werden. Die stark gefalteten Schiefer werden als Glimmer-,

Sericit-, Talkschiefer und Gneise bezeichnet und führen scheinbar allgemein Granat; z. T. werden sie als Granatquarzite beschrieben, worunter besonders quarzhaltige, wenig glimmerführende Gesteine dieser Art verstanden sind. Hornblendegesteine sind weiterhin in den kristallinen Schiefern verbreitet. Das Schichtenstreichen wechselt und ist bei Broken Hill ein ungefähr nordöstliches; das Einfallen beträgt dort etwa  $60^\circ$  nach Nordwesten.

Das Ausgehende der Lagerstätte war 2,5 km weit zu verfolgen. Sie wird im Streichen in zwei Teile unterschieden, in das Hauptlager und das Nordöstlager; ferner sind noch kleinere Lager als Ost- und Westlager bekannt. Die zwei ersteren liegen auf einem Schichtensattel und, abgesehen von geringen Diskordanzen, welche sekundärer Natur sind, konkordant zwischen den kristallinen Schiefern. Die Lage auf einem Sattel bringt es mit sich, daß das Lager sich in Teufen zwischen etwa 100 m und 200 m gabelt (Fig. 83). Außerdem scheinen sich auch Massen von Schiefer in den Erzkörper einzulagern. Stellenweise tritt die Kammlinie des liegenden Sattelkerns an die Oberfläche, so daß dadurch die Lagerstätte eine Teilung erfährt. Granatführender Gneis, durchlagert von Granatquarzit und selbst etwas blende- und bleiglanzhaltig, bildet nach Beck das Hangende des Lagers.<sup>1)</sup>

Die Mächtigkeit des letzteren schwankt ganz erheblich; sie beträgt von einigen bis gegen 30 m. Infolge der Bildung des eisernen Hutes und der damit verbundenen Stoffwanderung ist das Nebengestein der oberen Lagerzone so reich mit sekundären Erzen imprägniert, daß die Mächtigkeit der ganzen bauwürdigen Masse bis zu 120 m betragen kann. Das frische Erz besteht aus Bleiglanz, Zinkblende, wenig Schwefelkies, noch spärlicherem Kupfer- und Arsenkies, aus bläulichem Quarz, aus mehr oder weniger Granat, der 15—30% der ganzen Lagermasse ausmachen kann, aus Rhodonit, etwas Magnetit<sup>2)</sup> und sehr wenig Flußspat. Ebenso kommen hier und da auch Feldspat und Glimmer vor. Zahlreiche, dem Streichen und Fallen parallele linsenförmige und unregelmäßige, große und kleine Partien der kristallinen Schiefer sind in das Lager eingeschaltet. Der Bleiglanz ist silberarm. Der gelbrote Granat (Spessartin?) findet sich im Erze teilweise in guten, bis nußgroßen Kristallen.

Die durchschnittliche Zusammensetzung einer an die Freiburger Hütten gelangten Erzlieferung war nach einer Analyse Mietzschkes (1894) folgende:

Au . . . . .	Spur (etwa 0,00009%)
Ag . . . . .	0,09
Pb . . . . .	35—40
Zn . . . . .	19—22
As . . . . .	0,09
S . . . . .	23,00
Fe . . . . .	8,40
Rückstand . . . . .	14,00

<sup>1)</sup> Eisfelder gibt an, daß auf der Junction-Grube das Liegende des nordöstlichen Lagers aus Gneis, das Hangende aus Granatsandstein gebildet werde.

<sup>2)</sup> Nach Marsh, dessen Beobachtung Stelzner bestätigte.

Der bei der Auflösung in Salpetersäure verbleibende Rückstand enthielt:

$\text{Fe}_2\text{O}_3$ . . . . .	11,8
$\text{CaO}$ . . . . .	13,6
$\text{SiO}_2$ . . . . .	53,9
$\text{MnO}$ . . . . .	20,6
	<hr/>
	99,9

Der Silbergehalt des Erzes schwankt natürlich; im allgemeinen ist die primäre Lagermasse silberarm mit 0,015—0,018, stellenweise auch mit 0,048—0,09% Ag.

Die oben beschriebene Lagermasse hat man erst in einer Teufe von etwa 100 m angetroffen; darüber lagerte ein höchst interessanter „eiserner Hut“, d. h. der gänzlich zersetzte Lagerausstrich. Derselbe bestand aus mehr oder weniger kieseligem und stark manganhaltigem Brauneisenerz, löcherig und zerfressen, in den Höhlungen erfüllt mit Stalaktiten von Brauneisenerz und Pyrolusit, Psilomelan, Eisenglanz und Kaolin, der bald rein weiß, bald durch größere oder geringere Mengen von Eisen und Mangan gefärbt war. Die unter dieser Region auftretenden sekundären Erze waren insbesondere: prachtvoll kristallisiertes Weißbleierz, stellenweise bis zu 20 m mächtige, große linsenförmige Massen bildend; Grünbleierz, Anglesit, Matlockit, Cotunnit; Cuprit, Malachit, Lasur, Chrysokoll, Olivenit? und gediegen Kupfer; Chlorsilber, Jodsilber, Chlorbromsilber, gediegen Silber, die immer jünger sind als das Weißbleierz; ganz untergeordnet Smithsonit, endlich Gips. Die reichen Bleikarbonate enthalten 20—60% Blei und 0,0185—0,296% Silber. Sie wechseln mit den Kaolin-Erzen und umschließen solche. Diese bestehen hauptsächlich aus Kaolin mit beigemengtem Quarz und Granat und sind stets silberreicher als die Bleikarbonate, indem sie 0,015—1,1% Silber, aber nur etwa 3% Blei enthalten. An der Grenze zwischen dem eisernen Hut und den sulfidischen Erzen sind die letzteren von einer dünnen Kruste rußartiger Verwitterungsprodukte überzogen, die etwa 1% Silber und bis zu 12% Kupfer enthalten. Zwischen den sulfidischen Erzen selbst treten noch auf Klüften Umwandlungsprodukte auf, wie Stalaktiten von Psilomelan und Brauneisenstein, die mit Zinkspat überzogen sein können. In der Region des eisernen Hutes ist das Liegende und das Hangende der Lagerstätte ganz verwischt und beiderseits ist das Nebengestein so reichlich mit Erzen imprägniert, daß sich, wie schon erwähnt, sehr bedeutende bauwürdige Mächtigkeiten ergaben.

Über die Entstehung der Lagerstätte gehen die Ansichten weit auseinander. Pittmann hat dieselbe mit den sog. Saddle Reefs des australischen Golddistrikts von Bendigo verglichen. Wie das für letztere Lagerstätten behauptet wird, so soll auch das Hauptlager von Broken Hill die Ausfüllung eines Hohlraums sein, der durch Aufblätterung der Schiefer infolge der Gebirgsfaltung entstanden wäre. Jaquet hat dann die Mineralführung auf eine Lateralsekretion zurückgeführt, d. h. die Sulfide und der Quarz sollen aus dem Nebengestein ausgelauget und im Hohlraum wieder abgesetzt worden sein, der Granat entweder durch Mineralwässer gebildet oder aus dem Nebengestein in die erzabsetzenden Lösungen hineingefallen sein. Ist es nun schon sehr fraglich, wenn nicht überhaupt ganz unmöglich, daß ein so enormer Hohlraum, wie ihn das Hauptlager von

Broken Hill ausfüllen soll, durch den Gebirgsdruck entstehen und weiterhin bis zur völligen Ausfüllung bestehen kann, so fehlen auch alle Beweise, welche die offenbare Unwahrscheinlichkeit der Annahme Jaquets beseitigen könnten.<sup>1)</sup> Daß die Broken Hiller Lagerstätten keine Gänge sein können, geht u. a. daraus hervor, daß sie keine Salbänder zeigen.

Auf Grund der Untersuchung von Dünnschliffen ist Beck gleichfalls zu dem Ergebnis gekommen, daß die in Rede stehenden Lager epigenetisch sein sollen. Danach wäre das Hauptlager eine zerrüttete und zerriebene, zu einem Sattel aufgepreßte Gesteinsmasse; die Zerrüttung wäre eine Folge der Aufpressung. In die Risse sollen erzführende Lösungen eingedrungen sein und sich in den Spalten zwischen Splintern von Granat, Rhodonit und Quarz angesiedelt, dabei wenigstens den Rhodonit korrodiert haben. Da derselbe Granat auch in ausgezeichneten, glattflächigen Kristallen auftritt, welche Blende und Bleiglanz umschließen, so ist Beck zu der unwahrscheinlichen Annahme gezwungen, daß der Granat teilweise dem ursprünglichen Bestand des Nebengesteines angehöre, daneben aber hier ausnahmsweise derselbe einmal als eine sehr junge Bildung aus erzabsetzenden wässrigen Lösungen, also als ein echtes Gangmineral auftrete. Die von Beck mitgeteilten Dünnschliffbilder erinnern in mancher Beziehung so sehr an die Wahrnehmungen, welche man auch sonst an erzführenden kristallinen Schiefen und ganz ähnlich in Präparaten von Bodenmais oder den ähnlichen schwedischen Lagerstätten (s. S. 327—328) machen kann, daß hierauf verwiesen sei. Schon Weinschenk<sup>2)</sup> hat ferner zutreffend darauf aufmerksam gemacht, daß bei den normalen Erzgänge erzeugenden Vorgängen eine Korrosion der Silikate, wie sie Beck annimmt, nicht statthabe, und daß dabei vielmehr eine Gesteinsumwandlung unter Neubildung von wasserhaltigen Silikaten oder weitgehenden Auslaugungen stattfinden müsse; Weinschenks Einwendungen könnten hier nur wiederholt werden. Als Erzlager hatte schon Stelzner das Vorkommen bezeichnet und es in die nächste Verwandtschaft mit dem Vorkommen von Schneeberg in Tirol gebracht. Beachtenswert sind die neueren Mitteilungen Eisfelders über Gestalt des Hauptlagers. Danach wäre der westliche Schenkel des Sattels nichts anderes als eine Abfaltung entsprechend dem „hängenden Trum“ des Rammelsbergs.

Die Entstehung des Bleiglanz-Zinkblendevorkommens von Broken Hill ist zurzeit ganz ungewiß. Es wäre verfrüht, dieselbe in Abhängigkeit von den in seiner Nähe auftretenden Eruptivgesteinen bringen zu wollen; mit den Lagerstätten von Bodenmais, Bersbo usw. kann das Vorkommen nicht unmittelbar verglichen werden.

Die Entdeckung der Erzlager von Broken Hill ist eines der jüngeren Ergebnisse in der bergmännischen Durchsuchung der Barrier Range; sie geschah ebenso wie ihre Erschließung durch einen Schafhirten Namens Karl Rasp im Jahre 1883. Bis dahin war der Broken Hill ein etwa 2,5 m langer Höhenzug. Er bestand aus Brauneisenerz, welches Rasp für Zinnerz hielt. Die Enttäuschung hielt nicht ab, den eisernen Hut in die Teufe zu verfolgen, und führte nach manchen weiteren Mißerfolgen zu der ganz unerwarteten Entdeckung der silberreichen Zwischenzone, welche enorme Schätze schüttete. Von Ende 1886 bis gegen Ende 1890 wurden schon 483078 t Erz mit rund 600000 kg Silber und 83414 t Blei gefördert; im Jahre 1892 gewann man in 8 Schächten im Tag durchschnittlich 1000 t Erz mit etwa 1000 kg Silber und ungefähr 150 t Blei.

<sup>1)</sup> Siehe die Einwürfe von Krusch, *Ztschr. f. prakt. Geol.*, 1897, 98, und Bergeat, ebenda 315.

<sup>2)</sup> Die Erzlagerstätte des Schneebergs in Tirol und ihr Verhältnis zu jener des Silberbergs bei Bodenmais im bayrischen Wald. *Ztschr. f. prakt. Geol.*, 1903, 231—237, bes. 235—236.

Bis Ende 1890 waren an Reingewinn etwa 24 Mill. Mark, bis Ende 1894 etwa 105 Mill. Mark erzielt worden. Die junge Stadt Willyama hatte Mitte der 1890er Jahre bereits 30000 Einwohner.

Daß diese reichen Erträgnisse nicht anhalten würden, war vorausszusehen; denn es war klar, daß man es hier nur mit einem ausgezeichneten Beispiele der Konzentration von Silber im Ausgehenden einer sulfidischen Bleiglanzlagerstätte zu tun hatte. Diese Konzentration hatte offenbar den Silbergehalt nicht nur des gegenwärtigen eisernen Hutes, sondern im Laufe langer Zeiten denjenigen eines großen, jetzt der Denudation verfallenen Teiles der Lagermasse ange-reichert, wobei angenommen werden muß, daß das Edelmetall gleichzeitig zur Tiefe sickerte.<sup>1)</sup> Tatsächlich wurde, wie gesagt, die Lagerstätte in der Teufe zu einem verhältnismäßig silberarmen, noch dazu an Silikat reichen Bleiglanz-Zinkblendelager. Zieht man daneben in Betracht, daß im Jahre 1893 ein fast unaufhaltsamer Preissturz des Silbers einsetzte (der Wert des Metalls ist gegenwärtig kaum halb so groß wie im Jahre 1885) und daß zugleich das Blei in den Tiefstand seiner Bewertung eintrat, dann sind damit die Ursachen gegeben, weshalb heute der Bergbau von Broken Hill nicht mehr annähernd so gewinnbringend ist wie in den ersten Jahren. Die großartige Förderung belief sich im Jahre 1902 auf über 250000 t Erz mit ungefähr 135000 t Blei, 30000 t Zink und 190000 kg Silber.

### 3. Die goldführenden Kiesfahlbänder.

#### Die goldführenden Konglomerate Südafrikas.

##### Literatur.

Penning, On the goldfields of Lydenburg and De Kap in the Transvaal; Quart. Journ. Geol. Soc., XLI, 1885, 569—590; Ref. N. Jahrb., 1886, II, — 55 —.

Schenck, Die geologische Entwicklung Süd-Afrikas; Peterm. Geogr. Mitt., XXXIV, 1888, 225—232, mit geol. Karte. — Ders., Über das Vorkommen des Goldes in Transvaal; Ztschr. d. deutsch. geol. Ges., XLI, 1889, 573—581. — Ders., Über die Goldfelder Südafrikas; Verh. naturh. Ver. d. Rheinl. u. Westf., 1890; Korresp.-Bl., 66—70.

Cohen, Südafrikanische Diamanten- und Goldproduktion von Südafrika im Jahre 1886; N. Jahrb., 1887, II, 81—83. — Ders., Die goldführenden Conglomerate in Südafrika; Mitt. des naturw. Vereins f. Neuvorpommern u. Rügen, 1887; Ref. N. Jahrb., 1889, I, 113.

Jeppé, Die Witwatersrand-Goldfelder in Transvaal; Peterm. geogr. Mitt., XXXIV, 1888, 257—267.

Beta, The Banket Formation, its probable origin and present position. Johannesburg 1888; Ref. N. Jahrb., 1889, II, — 110 —.

Dupont, Les mines d'or de l'Afrique du Sud., 2. Aufl. Paris 1890.

Penning, Journ. Soc. Arts. London, XXXVI, 1888, 437; zitiert von Becker. — Ders., On the geology of the Southern Transvaal; Quart. Journ. Geol. Soc., XLVII, 1891, 451—461; Ref. N. Jahrb., 1893, I, — 318 —.

<sup>1)</sup> Solche an der Veredelung von ärmeren Lagerstätten beteiligte Vorgänge sind schon bei der Besprechung gewisser Kieslager kurz erwähnt worden und werden bei der Erörterung des eisernen Hutes der Erzgänge noch ausführlicher behandelt werden.

Knochenhauer, Die Goldfelder in Transvaal, mit besonderer Berücksichtigung der De Kaap Goldfelder. Berlin 1890.

Alford, Geological features of the Transvaal. London 1891.

de Launay, Les mines d'or du Transvaal; Ann. d. Mines (8), XIX, 1891, Mémoires, 102—132, Lit.

Gibson, The Geology of the gold-bearing and associated rocks of the Southern Transvaal; Quart. Journ. Geol. Soc., XLVIII, 1892, 404—437, Lit.

Hamilton-Smith, The Witwatersrand-Goldfields; „Times“, 17. Jan. 1893; verschiedentlich zitiert.

Stanford, Map of the Transvaal Goldfields, with the Geology of the southern part of the Transvaal by W. H. Penning. London 1893.

Schmeißer, Über Vorkommen und Gewinnung der nutzbaren Mineralien in der Südafrikanischen Republik. Berlin 1894, Lit. Darin petrographische Untersuchungen von M. Koch.

Futterer, Afrika in seiner Bedeutung für die Goldproduktion in Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft. Berlin 1894.

Pelikan, Über die goldführenden Quarzconglomerate vom Witwatersrand in Südafrika; Verh. d. k. k. geol. Reichs-Anst., 1894, 421—425.

Molengraaff, Beitrag zur Geologie der Umgegend der Goldfelder auf dem Hoogeveld in der südafrikanischen Republik; N. Jahrb., Beil.-Bd. IX, 1894, 174—291.

Verhandlungen der deutschen Silberkommission. Berlin 1894; Bericht über die 17.—20. Sitzung. Enthält verschiedene Ausführungen von Schmeißer, Stelzner, Sueß, Zirkel u. a. über Geologie und Zukunft des Witwatersrandes.

Curtis, The banket Deposits of the Witwatersrand; Eng. Min. Journ., XLIX, 1890, 200—201.

Hatch and Chalmers, The gold mines of the Rand. London 1895.

de Launay, Les mines d'or du Transvaal; Ann. d. mines (9), IX, 1896, 5—201.

— Ders., Les mines d'or du Transvaal. Paris 1896, Lit.

von Kraatz, Beitrag zur Bildung der Goldlagerstätten; Ztschr. f. prakt. Geol., 1896, 185—189.

Krause, Über den Einfluß der Eruptivgesteine auf die Erzführung der Witwatersrand-Conglomerate und der im dolomitischen Kalkgebirge von Lydenburg auftretenden Quarzflöze nebst einer kurzen Schilderung der Grubenbezirke von Pilgrimsrest und De Kaap (Transvaal); Ztschr. f. prakt. Geol., 1897, 12—25.

George F. Becker, The Witwatersrand banket with notes on other gold-bearing pudding stones; XVIII. Ann. Rep. U. S. Geol. Survey, 1896—97, V, 153—184; Ref. Ztschr. f. prakt. Geologie, 1898, 212—217.

Report of the State-Mining-Engineer for the year 1896. Darin Arbeiten von Francke, Schmitz-Dumont, Kubale u. a.

Molengraaff, Die Reihenfolge und Correlation der geologischen Formationen in Südafrika; N. Jahrb., 1900, I, 113—119, Lit.

Bordeaux, Les mines de l'Afrique du Sud. Paris 1898.

Hammond, Gold-mining in the Transvaal; Transact. Am. Inst. Min. Eng., XXXI, 1902, 817—855.

Liebenam, Die Witwatersrand-Goldindustrie vom bergwirtschaftlichen Standpunkte aus; Zeitschr. f. prakt. Geol., XI, 1903, 433—448, Lit.

Der **Witwatersrand**<sup>1)</sup> im südlichen Transvaal bildet ein in annähernd ost-westlicher Richtung langgestrecktes, ungefähr 80 km breites hügeliges Plateau von etwa 1800 m Meereshöhe. Er ist die Wasserscheide zwischen dem Vaal, der die Südgrenze Transvaals bildet, und dem Limpopo, der den Staat im Westen und Norden umgrenzt. Hauptort des „Randes“ ist die junge Stadt Johannesburg, am Südabhang desselben wenig unterhalb seines Kammes gelegen; gegen Norden zu fällt der Gebirgsrücken steiler nach der etwa 50 km entfernten Hauptstadt Pretoria ab, nach Süden geht er in das Hochveldt über.

Die ältesten in Südafrika auftretenden Schichten bestehen aus zumeist steil auferichteten und stark gefalteten Gneisen und kristallinen Schiefeln, so aus Hornblende- und Chloritschiefern und Serpentin, die alle aus eruptiven Gesteinen hervorgegangen sein sollen (Hatch und Chalmers), ferner aus Tonschiefern, Quarziten und magnetitführenden Quarziten. Dazwischen kommen z. B. zwischen Johannesburg und Pretoria Granite vor. Zwischen letzteren beiden Städten tritt jene „Grundformation“ hervor, aus der auch der Witwatersrand besteht. Ihre hauptsächlichste Verbreitung hat dieselbe jedoch in Maschona-land, Matabeleland, in den Zoutpansbergen, in der Murchison-Range, zu Lydenberg und vor allem in Swasiland, weshalb Schenck sie mit dem Namen Swasischichten belegt hat.

Diskordant über ihnen folgt die Kapformation (Schenck), welche aus Tonschiefern, Sandsteinen, Konglomeraten und Kalksteinen gebildet wird. Aus solchen besteht der Tafelberg bei Kapstadt und das südliche und westliche Transvaal. Die sehr spärlichen Fossilfunde weisen darauf hin, daß die Kapformation devonischen und untercarbonischen Alters sein dürfte.

Die Karrooformation gliedert sich nach Schenck von oben nach unten folgendermaßen:

Stormberg-Schichten,  
Beaufort-Schichten,  
Ekkaschichten und Dwykakonglomerat.

Diese Formation hat eine weite Verbreitung in der nördlichen Kapkolonie, in Natal, im Oranjestaat und im südlichen Transvaal. Sie dürfte das Perm repräsentieren. Für die Entwicklung des Goldbergbaues hatten die südöstlich von Johannesburg in den Beaufort-Schichten auftretenden Kohlenflöze eine hervorragende Bedeutung; die hauptsächlichsten Vorkommnisse solcher in Transvaal finden sich bei Bocksburg, Vereeniging, Brakpan, Daggafontein und im Middelburg-distrikt. In der nördlichen Kapkolonie sind Stormberg, Molteno, Cyphergoat, in Natal die Gegend zwischen Ladysmith und Newcastle wegen ihrer Kohlengruben namhaft zu machen. Sie gehören wohl den höher liegenden Stormberg-Schichten an. Bei Kimberley setzen die Diamantlagerstätten in der Karrooformation auf.

Im Jahre 1899 gab Molengraaff als Resultat der bis dahin und zwar besonders in den letzten Jahren ausgeführten Untersuchungen nachstehende Übersicht über die geologischen Formationen Südafrikas.<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Witwatersrand soviel wie der Gebirgsrand mit den weißen Wassern, da dort entspringende Quellen weiße Absätze bildeten.

<sup>2)</sup> ~ ~ ~ bedeutet diskordante, — konkordante Reihenfolge.

Alter.	Kap-Kolonie.	Südafrikanische Republik.
Mittl. Jura?	Uitenhage-Formation.	
Lias?	Enon-Formation.	Lebombo-Gesteine.
Karoo-System	Stormberg-Beds.	Stormberg-Schichten.
	Beaufort-, Dicynodon- oder Karoo-Beds.	Beaufort-Schichten.
Perm?	Ekka-Beds und Dwyka-Konglomerat.	Ekka-Schichten und Dwyka-Konglomerat.
Kap-System	Witteberg-Beds.	Waterberg-Sandstein und roter Granit.
	Bokkeveld-Beds.	Pretoria-Serie (Magaliesberg-Schichten).
	Table-Mountain-Sandstone.	Dolomit-Serie.
		Black Reef-Serie.
Devon.		Witwatersrand-Serie.
		Barberton-Serie.
Südafrikanische Primär-formation.	Malmesbury-Beds mit intrusiven Granitmassen.	Kristallinische Schiefer und Granit.

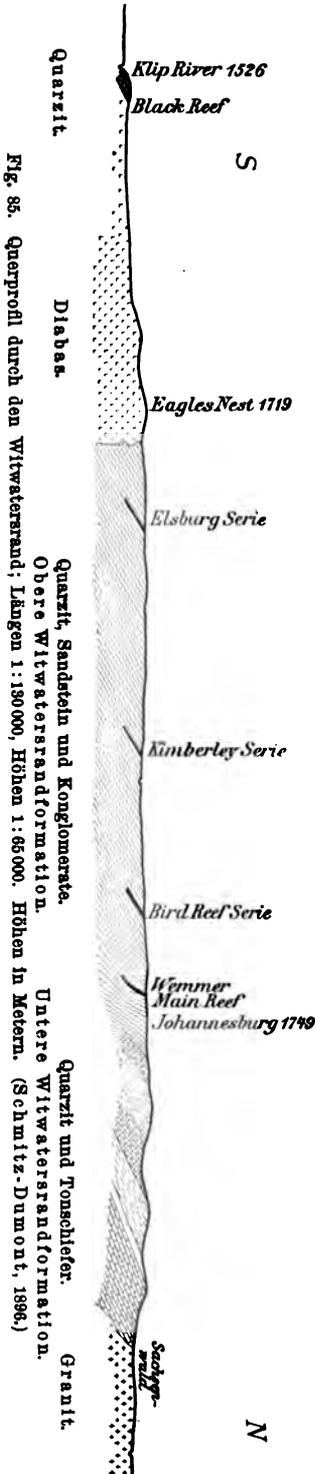
Ob. Karoo,  
Karoo, fluvial u.  
glacial. lakuster.

In die Zeit zwischen die Ablagerung der Magaliesberg-Schichten und des Waterberg-Sandsteins fällt in Transvaal eine Periode intensivster vulkanischer Tätigkeit. Granit, Syenit, Norit und Eläolithsyenite wurden in die Magaliesberg-Schichten gepreßt; Ergußgesteine und vulkanische Auswurfsprodukte in erheblicher Menge gehören jener Zeit an.

Am Witwatersrand liegen die goldführenden Schichten über dem Granit und bestehen zu unterst aus eisenschüssigen Quarziten und Tonschiefern, denen Konglomerate und Sandsteine aufgelagert sind. Die Hügel des „Rands“ bildet Quarzit, die dazwischen sich hinziehenden Niederungen haben Tonschiefer zur Unterlage; die Schichten streichen WNW.—OSO. und fallen bei Johannesburg 12 bis 90°, im Durchschnitt 45—50° gegen S. ein. Decken und vor allem auch Gänge basischer Eruptivgesteine treten zwischen den Schichten auf. Die Konglomerat- und Sandsteinformation läßt sich bis gegen den Vaal hin verfolgen; das Einfallen der Schichten wird in dieser Richtung sehr viel flacher; größere eruptive Durchbrüche basischer Gesteine treten dort auf und machen ebenso wie die Oberflächenbedeckung und Versumpfung jener Gebiete die geologischen Verhältnisse unklar.

Am Witwatersrand sind goldführende Schichten über eine ununterbrochene Erstreckung von rund 90 km nachgewiesen worden und haben





zu einer großen Anzahl bergbaulicher Unternehmungen geführt. Etwa in der Mitte des Nordrands dieser im Ausstrich ungefähr 15 km breiten Hauptflözzone liegt die Stadt Johannesburg. 60 km südöstl. davon ist Heidelberg gelegen, ein zweites Bergbauzentrum. Auch hier tritt auf eine Länge von 55 km eine schmale Zone von goldhaltigen, NO.—SW. streichenden, nach NW. einfallenden Konglomeraten auf. Dieser Flözzug nähert sich im NO. bis auf 21 km dem östlichsten nachgewiesenen Vorkommen der Witwatersrandkonglomerate; da er dort durch die kohlenführenden Karrooschichten von Bocksburg verdeckt wird, ist es unmöglich, zu entscheiden, ob er die nach SW. umgebogene Fortsetzung jener ist. Diesem Heidelberger Zug gehört das reiche Goldvorkommen der Nigel-Mine an. Ein drittes Goldfeld von synklinalen Bau, dessen Schichten WNW.—ONO. streichen, ist dasjenige zwischen Heidelberg und Roodeport, 32 km lang und etwa 24 km breit. Dort sind die Schichten stark gestört und durchbrochen von basischen Ergüssen. Ein weniger bekanntes Vorkommen von goldführenden Konglomeraten, das als die südwestliche Fortsetzung des Witwatersrandflözzugs angesehen wird, liegt westlich und nordöstlich von Klerksdorp (160 km südwestlich von Johannesburg), und endlich wäre noch die Konglomeratmulde von Venterskron am Vaal zu erwähnen, welche zur Hälfte in Transvaal und zur andern Hälfte im Oranjestaat gelegen ist. Sie erstreckt sich in ersterem Staat, wo sie hauptsächlich in Abbau genommen worden ist, auf etwa 48 km. Die nachstehende Schilderung hat fast nur den Witwatersrand als das Hauptgrubengebiet zum Gegenstand.

Das Gold in den Witwatersrandschichten ist beinahe ganz ausschließlich an gewisse Konglomeratschichten gebunden und im frischen Gestein von Pyrit begleitet, der wie jenes in dem Bindemittel derselben enthalten ist. Dieselben führen den holländischen Namen „banket“,<sup>1)</sup> die

<sup>1)</sup> Banket ist ein puddingartiger Kuchen, so daß diese Bezeichnungsweise dem „Puddingstein“ entspricht.

Konglomerate heißen deshalb auch die „banket beds“ oder die „Reefs“, mit welchem letzterem Ausdruck sonst allerdings Gangausstriche bezeichnet zu werden pflegen, der aber im nachstehenden beibehalten wurde, weil er sich am Witwatersrand ganz eingebürgert hat. Sie ruhen auf einer mächtigen Masse von Quarziten und Tonschiefern, welche ihrerseits, wie Gibson annimmt, infolge einer Überschiebung dem älteren Granit aufgelagert sind. Erst südlich der Kante des Rands treten die Reefs auf. Wie man das auch sonst bei Konglomeratbänken beobachten kann, welche in Sandstein eingebettet liegen, so sind auch sie nach Mächtigkeit, Andauer im Streichen und Fallen und nach ihrer gegenseitigen Entfernung unbeständige Schichten. Woher die unendlichen Massen von Quarz stammen mögen, welche dieselben fast ausschließlich ausmachen, ist ein Rätsel. Die Konglomeratbänke treten gruppenweise zusammen auf. Man unterscheidet hauptsächlich folgende Gruppen, welche indessen nur teilweise eine bergmännische Bedeutung erlangt haben.

- Im Norden: 1. Die Du Preez- oder Rietfontain-Gruppe.  
 2. Die Main Reef-Gruppe.  
 3. Die Livingstone- und Bird Reef-Gruppe.  
 4. Die Kimberley-Gruppe.  
 5. Die Elsburg Reef-Gruppe.

Im Süden: 6. Die Black Reef-Gruppe.

Von allen diesen ist die Main Reef-Gruppe die wichtigste und bestbekannte und sie soll weiter unten eingehender besprochen werden. Etwa 4 km nördlich von ihr liegen die Rietfontain-Konglomerate, in denen besonders das sog. North Reef einen nennenswerten Goldgehalt aufweist. Etwa 1000 m südlich der Main Reef-Gruppe liegt die 3. Gruppe, um weitere 1500 m entfernt die 4., dann folgt die 5. Gruppe mit etwa 3 km Abstand und weiterhin, jenseits einer größeren Diabasmasse, das Black Reef,  $7\frac{1}{2}$  km von der Elsburg Reef-Gruppe entfernt. Jene Diabasmasse, ein Diabasmandelstein, bildet die „Eagles Nest“ genannte niedrige Erhebung. Während die Main Reef-Gruppe ein fast seigeres Einfallen zeigt, sind die weiter südlich gelegenen Konglomerate zumeist mit nur  $30^{\circ}$  gegen Süden geneigt, und das Einfallen des Black Reefs muß sogar als ein sehr flaches — gleichfalls südliches — bezeichnet werden.

Alle erwähnten Konglomerate sind goldführend, wenn auch der Goldgehalt nicht immer den Abbau gelohnt hat; das Gold kommt fast ganz ausschließlich in dem Zement der Konglomerate vor.

Am eingehendsten ist die Main Reef-Gruppe untersucht. Sie strich unmittelbar südlich von Johannesburg aus; heute bezeichnet indessen nur noch ein weithin sich erstreckender Zug von Tagebauen die Stellen, wo sie vor 15 Jahren zutage trat. Ihre Konglomerate sind fast ununterbrochen verfolgt und durch zahlreiche Minen in Abbau genommen von Bocksburg, 20 km östlich von Johannesburg, bis Krügersdorp, 27 km westlich davon. Die ganze bergmännische Tätigkeit am Witwatersrand erstreckt sich auf eine Länge von etwa 70 km und über 80 Grubengesellschaften sind daran beteiligt.

Die Main Reef-Gruppe besteht aus einer nicht immer gleichbleibenden Zahl von Konglomeratbänken, welche durch quarzitische Sandsteine, durch Ton-

schiefer oder auch durch Diabasbänke voneinander geschieden sind. In der typischen Entwicklung, d. h. von der Stadt Johannesburg bis etwa 20 km westlich davon, kennt man mehrere ziemlich goldreiche Flöze, nämlich das liegendste nördlichste Hauptflöz (Main Reef) mit dem sog. Main Reef leader, südlich davon das Südföz (South Reef), das durch Sandsteinzwischenlagerungen zumeist in 2—3 „leaders“, Flözchen getrennt ist; das liegendste derselben ist in der Regel das reichste (Hatch und Chalmers). Die Mächtigkeitsverhältnisse sind folgende:

Main Reef bis zu 12 Fuß,  
 Sandstein fast verschwindend bis zu 6—7 Fuß,  
 Main Reef leader durchschnittlich  $1\frac{1}{4}$  Fuß,  
 Sandstein 35—100 Fuß,  
 South Reef leader,  
 Sandstein 1 Zoll bis 6 Fuß, durchschnittlich  $1\frac{2}{3}$  Fuß,  
 South Reef wenige Zoll bis 6 Fuß.

Von diesen Flözen ist gewöhnlich das liegendste, das Main Reef, unbauwürdig. Außerdem treten häufig noch andere unbauwürdige Konglomerat-lager auf, welche die Namen „North Reef“ (im Liegenden des Main Reef) und „Middle Reef“ (zwischen dem Main Reef Leader und dem South Reef) erhalten haben. Sie sind in ihrem Auftreten recht unbeständig. Beistehende, dem Buch von Hatch und Chalmers entnommene Profile werden die Verhältnisse veranschaulichen. Die oben angeführten hauptsächlich Konglomeratbänke des zentralen Witwatersrands sollen ihre besonderen Merkmale besitzen, an welchen sie für ein geübtes Auge kenntlich sind. Jedenfalls verdient ihre verhältnismäßige Beständigkeit hervorgehoben zu werden. Wichtig ist ferner, daß sie sich durch ihre relative Erzführung unterscheiden und auch dadurch charakterisiert sind. Östlich der Stadt Johannesburg ändern sich die Verhältnisse; es treten manchmal die Flöze in größerer Zahl und mit recht verschiedener Goldführung auf. Man hat zwar auch auf sie die früher genannten Benennungen übertragen, es ist aber vorläufig unmöglich, eine Identifizierung der Flöze im östlichen und zentralen Witwatersrand durchzuführen.

Die Konglomerate bestehen fast ausschließlich aus zweifellosen, durch Wasser gerundeten Geröllen von Quarz; die letzteren erreichen die Größe eines Hühnereies oder sind so klein wie eine Erbse. Meistens sind sie infolge von Druck milchig oder bläulich gefärbt und brechen in scharfen Splintern; sie sind manchmal stark deformiert und plattgedrückt und von feinsten Rissen durchzogen, zeigen überhaupt die Anzeichen einer gewaltigen Pressung. Da die Gerölle aus verschiedenen Gruben die Druckerscheinungen in verschiedenem Maße zeigen, so geht schon hieraus hervor, daß die Pressung erst im Konglomerat stattgefunden haben kann. Sehr selten finden sich abgerollte Quarzkristalle und untergeordnet kommen auch Gerölle von Gesteinen, wie schwarzer Kieselschiefer, vor. Das Bindemittel des Konglomerats besteht vorzugsweise aus sekundärem Quarz und Silikaten, wie Chlorit, Muskovit, Talk, Zoisit (?) und führt ferner etwas Zirkon, Rutil und angeblich auch Korund. Von Erzen ist fast nur Pyrit, z. T. in sehr deutlichen Kristallen, häufiger aber in rundlichen Körnern vorhanden; manchmal bildet er kleine Schmitzen und Konkretionen oder auch eckige Partien, welche übrigens mitunter Kristallflächen erkennen lassen. Die frischen Konglomerate besitzen eine grünlich-blaue Farbe („Blue rock“). Der Schwefelkies macht ungefähr 3% des Gesteines aus.

Änderung der Schichtenlagerung und alle tektonischen Störungen sind selbstverständlich von ganz besonders großer Bedeutung. Das Flözausstreichen zeigt, wie schon oben gesagt, verschiedene, aber zumeist ziemlich steile Einfallswinkel von meistens über  $45^\circ$ , ja häufig sogar von  $75-85$  und  $90^\circ$ . Für die Zukunft des Bergbaues ist es äußerst wichtig, daß das Einfallen der Flöze mit der Tiefe nicht unbeträchtlich abnimmt.

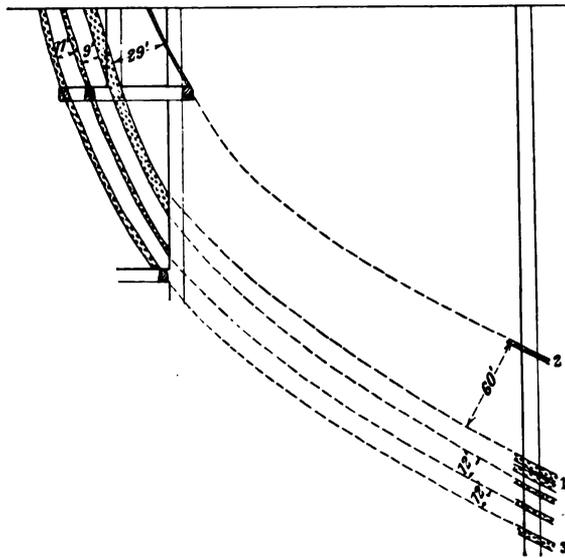


Fig. 86. May Consolidated, samt Tiefbau.

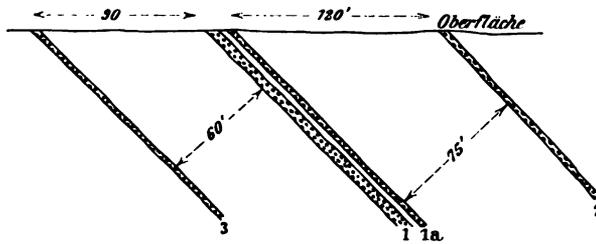


Fig. 87. Langlaagte Estate (Ost).

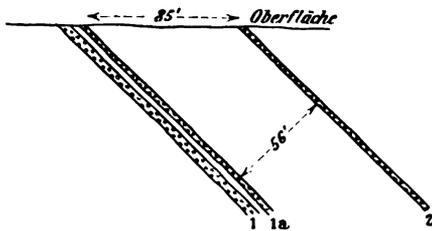


Fig. 88. Langlaagte Estate (West).

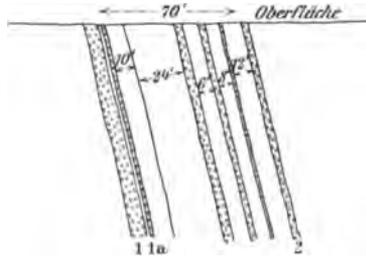


Fig. 89. Ferreira.

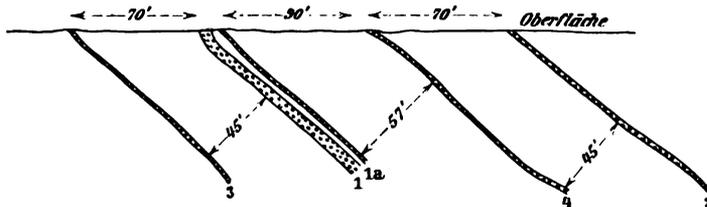


Fig. 90. Robinson.

Fig. 86-90. Profile durch einige Gruben des Witwatersrands. (Hatch und Chalmers, 1895.) In allen Profilen bedeutet 1 Main Reef, 1a Main Reef Leader, 2 South Reef, 3 North Reef, 4 Middle Reef.

So ist z. B. auf der Grube	Einfallen			Horizontal- Abstand m
	im Ausstrich	in Teufe		
	°	m	°	
Wolhuter . . . . .	59	411	21	717
Henry Nourse . . . . .	79	329	30	210
Meyer und Charlton . . . . .	45	223	24	330
Salisbury . . . . .	85	ca. 300	30	270

Man deutete diese Erscheinung dahin, daß die Witwatersrandkonglomerate den nördlichen Flügel einer großen Mulde bilden, über deren Tiefe allerdings die Ansichten auseinandergehen. Jedenfalls hatte diese Tatsache, welche man schon in den ersten Jahren des Bergbaues erkannt hatte, eine erhöhte Spekulation und eine weitere Ausdehnung der bis dahin bestehenden Unternehmungen zur Folge. Während bis 1890 diese sich auf einen etwa kilometerbreiten Strich längs des Ausgehenden beschränkt hatten, traten von nun ab die „Deep level“- (Tiefbau-) Gesellschaften ins Leben, und die südliche Grenze dieser Grubenfelder reichte schon vor einigen Jahren bis zu fast 5 km vom Flözausstrich.

Verwerfungen sind am Witwatersrand häufig und erreichen manchmal nicht unbeträchtliche Maße. Durch dieselben werden die Lagerstätten mitunter um mehrere hundert Meter in der Horizontalen verschoben. Auch Überschiebungen sind vielfach bekannt und, da sie zu einer Verdoppelung, ja bei öfterer Wiederkehr zu einer Vervielfachung der Flöze führen, von höchster Wichtigkeit; ihre Entdeckung hat auf die Bewertung der Gruben einen sehr großen Einfluß ausgeübt. Andererseits erschweren natürlich häufig auftretende Verwerfungen den Betrieb erheblich und drücken den Wert der betroffenen Grubenfelder herab. Es liegen scheinbar keine Mitteilungen darüber vor, daß etwa der Adel der Flöze durch die Störungen günstig oder ungünstig beeinflusst worden wäre. Von weiterer Bedeutung sind die zahlreichen eruptiven Gänge, welche kaum in irgend einer Grube fehlen und wenige bis zu 100 Fuß mächtig werden. In ganz vereinzelt Fällen hat man auch eruptive Lagergänge kennen gelernt. Ein solcher hat sich beispielsweise auf der Wolhuter Grube bei Johannesburg zwischen das Main Reef und den Main Reef Leader gezwängt; er ist oben wenig mächtig, nach der Tiefe aber schwillt er zu 140 Fuß Dicke an. Mit dem Auftreten der Eruptivgänge sind gleichfalls häufig Gebirgsstörungen verbunden. Die Gesteine sind Diabas, Olivindiabas, Bronzitdiabas, Epidiorit, Diorit, Gabbro und Olivinnorit.

Eine kurze Besprechung verdient noch das Black Reef; dasselbe wird von den Flözen des nördlichen Rands durch eine Masse von Quarzdiabasmandelstein getrennt und ist diesem unmittelbar aufgelagert. Die Oberfläche des Mandelsteines scheint vor der Ablagerung des Konglomerats in flachen Furchen ausgespült worden zu sein, in welchen sich nach Kubale das Sediment dergestalt absetzte, daß es in ihnen seine größte Mächtigkeit besitzt, über den zwischen den Rinnen liegenden Rücken aber ganz schwach ist oder ganz verschwindet. Das Konglomerat ist ganz flach gelagert, wird in den Rinnen bis zu 1,5 m mächtig und ist am Boden der letzteren am reichsten, über jenen Zwischenrücken am ärmsten. Das Reef selbst besteht nur teilweise aus Quarzgeröllen, daneben aber auch aus solchen von Kieselschiefer und Hällefinta in einem quarzitis-

chloritischen Zement, wird indessen in größerer Tiefe zu einem grobkörnigen Sandstein. Nach de Launay zeigt in den Rinnen der Pyrit eine besonders gute Schichtung; gerundete Schwefelkieskörner von oolithischem Aussehen aber ohne erkennbare oolithische Struktur und mit Durchmessern von 3—4 mm bilden ganze Lagen.

Was die Verteilung des Goldgehaltes in den Konglomeraten im großen anbelangt, so ist diese innerhalb der gleichen Bank eine recht gleichmäßige, wenn auch etwas ärmere Stellen mit reicheren wechseln. Indessen kann es sich nie um eigentliche reichere Erzmittel, um „Adelspunkte“ handeln, wie man sie auf Goldgängen kennt, sondern der Übergang zwischen reicheren und ärmeren Flözpartien ist ein ganz allmählicher. Demgemäß besitzen gewisse Minen, nämlich die im zentralen Rand gelegenen, einen höheren Goldreichtum als andere, aber die Goldführung der Konglomerate ist doch eine allgemeine. Eine Anreicherung des Edelmetallgehaltes findet ganz lokal statt; so zeigen gewisse Stufen ziemlich viel Freigold und innerhalb der Reefs gibt es hier und da goldreichere Streifen und Zonen. Im großen ganzen aber hält sich die Metallführung innerhalb gewisser Durchschnitte.

Im mittleren Abschnitt des Witwatersrands ist das Main Reef weniger reich als der weniger mächtige Main Reef Leader und das South Reef. Im westlichen Abschnitt ist besonders der South Reef Leader reich, die Erzführung des Main Reef Leaders unregelmäßig und das Main Reef arm, im östlichen Abschnitt wird das South Reef arm und die Begleiter des Main Reefs werden die Erzträger. Nachstehende Zusammenstellungen sollen den Goldgehalt der hauptsächlichsten Flöze bei Johannesburg veranschaulichen. Dieselben sind dem Buch von Hatch und Chalmers entnommen.<sup>1)</sup>

**Main Reef.** Auf der Robinson-Grube ergaben sich 8 dwts 14 grains in der Tonne = 13,35 g. Auf den meisten Gruben wird das Main Reef überhaupt nicht abgebaut.

**Main Reef Leader.** Auf der Ferreira Mine, einer der reichsten des Gebiets, ist das Main Reef unbauwürdig. Der Main Reef Leader ergibt in 96 m 162 g, in 216 m 71 g. Auf der City and Suburban Mine zeigen sich etwa 19 g, auf Crown Reef 51 g.

**South Reef.** Auf der Ferreira Mine ist der Reichtum ein besonders hoher; es ergaben sich in den folgenden Teufen und Flözmächtigkeiten im Jahre 1894:

Tiefe	Durchschnittliche Mächtigkeit	Gehalt in der Tonne
m	in m	g
126	0,415	117,5
156	0,452	146,5
186	0,638	171,5
216	0,606	97,5
246	0,910	116,0

Auf der City and Suburban-Grube war um dieselbe Zeit der Goldgehalt des South Reefs etwa 42 g, auf Crown Reef 100 g.

Zwischen der Mächtigkeit der Flöze und ihrem durchschnittlichen Goldgehalt scheint ein Zusammenhang nach den vorliegenden Angaben nicht zu existieren. Auch besteht offenbar keine gesetzmäßige Veränderung des Adels

<sup>1)</sup> Am Witwatersrand rechnet man nach amerikanischen Tonnen (short tons) zu 907,180 kg.

mit zunehmender Teufe — wenn man selbstverständlich von den verwitterten und mit Freigold durchsetzten Zonen des Ausstrichs absieht.

Die erste Entdeckung des Goldes am Witwatersrand (1885) geschah in den zersetzten Ausstrichen des Main Reef-Konglomerats. Dieses letztere war bis zu Tiefen von 30—60 m zerfressen, bröckelig, durch Roteisenerz gefärbt und leicht zu bearbeiten, da die Pyrite fehlten, welche im frischen Gestein die größte Menge des Goldes umhüllen. Das Gold trat teilweise schon dem bloßen Auge sichtbar in zackigen, nie gerundeten Partikeln auf, das Erz war unmittelbar amalgamierfähiges „free milling ore“. In der Tiefe stellte sich der frische „blue bar“ oder „blue rock“ ein, dessen Kies goldhaltig war.

Wie gesagt, tritt das Gold fast ganz ausschließlich im Bindemittel der Konglomerate auf und ist nur in ganz vereinzelt Fällen innerhalb der Gerölle selbst angetroffen worden, wobei jedenfalls eine sekundäre Einwanderung auf Klüftflächen derselben nicht ausgeschlossen ist; das Gold findet sich fast nur oder wenigstens in bauwürdiger Menge nur in den Konglomeraten, und von diesen letzteren sind, wie oben gezeigt, einzelne durch einen besonders hohen Goldgehalt ausgezeichnet. Die begleitenden Sandsteine sind nur stellenweise merklich goldführend und das um so mehr, je grobkörniger sie sind. Im allgemeinen aber soll die Goldführung an der Grenze zwischen Konglomerat- und Sandsteinbänken scharf abschneiden. Über die Art und Weise, wie das Gold innerhalb des Zementes auftritt, äußert sich zunächst Koch folgendermaßen:

1. „Das Gold tritt entweder in mikroskopischen Kriställchen auf, deren Formen sich infolge der Einbettung in andere Substanz oder verzerrten Wachstums nur selten mit Sicherheit bestimmen lassen, oder seine Gestalt ist diejenige kristalliner, im Innern kompakter, nach außen hin mit Flächenbegrenzung abschließender Aggregate von ganz unregelmäßig eckiger, bald mehr rundlicher, bald gestreckter Umgrenzung und höckerig-zackiger Oberfläche. Trumartige Abläufer, die sich bisweilen in einzelne Kriställchen auflösen, und zackige oder hakig gebogene Ansätze sind eine häufige Erscheinung. Runde, geglättete Körner- oder Blättchenform, wie sie dem Schwemmgold infolge mechanischer Aufbereitung durch Wassertransport eigen sind, fehlen dagegen vollständig.

2. „Die räumliche Verbreitung des Goldes innerhalb der Konglomerate beschränkt sich auf die Zertrümmerungszonen und die sekundären Quarzbildungen. Als Einschluß in Quarz, welcher sich durch die oben beschriebenen Eigenschaften unzweifelhaft als Geröllquarz charakterisiert, wurde Gold niemals beobachtet. Diese Tatsachen würden sich, wenn man von der Gestalt absieht, mit der Deutung des Goldes als Schwemmgold nur dann vereinigen lassen, wenn man die gewiß sehr unwahrscheinliche Annahme gelten lassen wollte, daß diejenigen Teile der Gerölle, welche Gold als Einschluß führten, durchgängig von der Zertrümmerung betroffen worden sind.“ In den von Koch untersuchten Schliffen umgab das Gold die Pyrite oder hatte sich zwischen den Teilen gebrochener Schwefelkieskristalle wie ein Kitt angesiedelt, war also offenbar in seiner jetzigen Form eine der letzten Ausscheidungen in dem Gestein. Daß das Edelmetall sich wohl ausschließlich in gediegenem Zustand in den Erzen befindet, dürfte daraus hervorgehen, daß der weitaus größte Teil desselben sich durch Amalgation daraus gewinnen läßt, und daß die

weniger zugänglichen Mengen in verdünnter Lösung von Cyankali aufgelöst werden. Von mehreren Beobachtern wird übrigens darauf hingewiesen, daß das Gold sich auch um die Gerölle selbst etwas reichlicher finde und auf der Oberfläche dieser beobachtet werden kann, wenn dieselben aus ihrem Zement befreit worden sind. Der Feingehalt des gewonnenen Goldes schwankt zwischen 770 und 900 Tausendteilen; den Rest bildet fast ausschließlich Silber und sehr wenig Kupfer. In den Flözen scheinen kaum andere Sulfide als Pyrit vorzukommen. Dagegen finden sich da und dort sekundäre Quarzgänge mit Blende, Arsenkies, Kupferkies, Pyrit, Magnetkies, Antimonit und etwas Gold. Nickel und Kobalt sind chemisch in den Erzen nachgewiesen worden. Es ist aber doch bemerkenswert, daß Erzgänge im Witwatersrandgebiet keinerlei Bedeutung besitzen und daß wirkliche Goldquarzgänge zu fehlen scheinen.

\* Die Herkunft des Goldes in den Konglomeratflözen des Witwatersrands ist rätselhaft; man hat so ziemlich alle in Betracht kommenden Entstehungsweisen behauptet, aber ein jeder Erklärungsversuch hat bisher den beobachteten Tatsachen nicht völlig gerecht werden können.

1. Kurz nach der Entdeckung der Lagerstätten wußte man nicht mehr, als daß das Gold in Konglomeraten vorkam, und es lag daher am nächsten, dieselben für eine alte Goldseife zu halten und anzunehmen, daß diese durch die Zerstörung silurischer und archaischer Goldquarzgänge entstanden sei. Schenck<sup>1)</sup> hielt eine marine Aufbereitung goldführender Gänge für möglich und führte die zackige und scharfkantige Form des in dem zersetzten Konglomerat auftretenden Goldes auf eine spätere Umkristallisation oder auf eine kurze Zeitdauer des Transports zurück. Ähnlicher Ansicht ist u. a. auch Penning. Diese Anschauung bedurfte offenbar der Modifikation, als man auf den Blue rock stieß und es sich zeigte, daß der Goldgehalt auch hier an die Gegenwart von Pyrit gebunden sei. Manche hielten jetzt den Pyrit ganz oder teilweise gleichfalls für Seifenmaterial und nahmen einen Transport desselben aus der Ferne an. Man hätte es also nach dieser Auffassung mit Pyritseifen zu tun. So unterscheidet Koch ein doppeltes Auftreten des Pyrits, nämlich abgerundete, durch den Transport abgerollte Kristalle desselben, welchen die gleiche Rolle zukäme wie den Quarzgeröllen, dem spärlichen Magnetit und Zirkon — und ringsum ausgebildete Schwefelkieskristalle, die im Geröllquarz eingeschlossen und deshalb nicht abgerollt, indessen gleicher Herkunft sein sollen wie die ersteren. Indessen stellte Koch auch das zweifellose Vorkommen von jüngerem Pyrit fest. Das Gold selbst hält Koch für eine spätere Imprägnation. de Launay hatte sich schon 1891 dafür ausgesprochen, daß man es wahrscheinlich mit Pyritseifen zu tun habe und zwar mit goldhaltigen, aus der Aufbereitung gold- und pyrithaltiger Quarzgänge hervorgegangenen Ablagerungen. Die Art der Verwachsung des Goldes mit dem Pyrit dürfte ihm damals noch nicht bekannt geworden sein, und unbegreiflich wäre es, wenn diese Ansicht festgehalten werden sollte, sicherlich, warum nicht auch die pyritreichen Sandsteine einen erheblicheren Goldgehalt besitzen. In seiner ersten Publikation erwähnt de Launay auch Gerölle von Pyrit; später finden sich nur „gerundete“ oder „abgerollte“ Pyritkörner erwähnt. Pelikan<sup>2)</sup> kam gleichfalls auf Grund einer Untersuchung frischen Materiales dazu, Quarz, Pyrit und das Gold für Zerstörungsprodukte weit ausgedehnter Goldquarzgänge zu halten.

Nachdem mikroskopische Untersuchungen ergeben hatten, daß das gediegene Metall, als welches mindestens der größte Teil des Goldes in den Konglomeraten

<sup>1)</sup> Ztschr. d. deutsch. geol. Gesellsch., 1889, 575.

<sup>2)</sup> l. c. und bei Futterer, 125.

vorhanden ist, zweifellos in einer Form auftritt, welche einem Transport desselben und einer Einschwemmung in seiner jetzigen Gestalt widerspricht, so konnte nur noch die Frage in Betracht kommen, ob etwa das Metall als Seifengold abgelagert worden sei, dann aber eine Umlagerung in seinen jetzigen Verteilungszustand erfahren habe. Diese Ansicht ist von G. F. Becker vertreten worden. Becker weist darauf hin, daß Gold tatsächlich in den Geröllen selbst vorkommt, und daß die Seltenheit solcher Funde gleichwohl noch kein Gegenbeweis dafür sein könne, daß man es in den Witwatersrandkonglomeraten mit dem Aufbereitungsprodukt von Golderzgängen zu tun habe, denn auch in den Goldseifen Amerikas seien goldführende Quarzgerölle äußerst selten. Die Goldführung der Bankets vergleicht er mit derjenigen der Strandseifen von Neuseeland und der pazifischen Küste von Nordamerika, welche gleichfalls auf die Zerstörung weitausgedehnter Lagerstätten des Hinterlandes zurückzuführen sei. Die Konglomerate des Witwatersrands sind nach Becker marine Seifen von Gold und Pyrit; ersteres sei im fein verteilten Zustande abgelagert worden, und beide hätten eine völlige oder teilweise Umkristallisation erfahren.

Alle bisher besprochenen Erklärungsversuche nehmen ein mehr oder weniger hypothetisches goldreiches Hinterland an, welches Quarz, Pyrit und Gold für die „fossilen Seifen“ geliefert habe. Manche beziehen sich dabei auf die jetzt noch im Abbau stehenden Golderzgänge des mittleren und nördlichen Transvaal, die bis zu mehrere hundert Kilometer vom Witwatersrand entfernt sind, und Becker spricht von einem weitausgedehnten Gebiet, wo sich Erzgang hinter Erzgang nahe der alten Küste etwa parallel zu dieser hingezogen und der Brandung das Gold geliefert habe. Die Herkunft des Seifengoldes ist sicherlich schwer zu erklären und problematisch. Auch in den größten Konglomeraten ist zudem niemals ein Goldklumpen oder auch nur ein unzweifelhaft abgerolltes Goldblättchen gefunden worden, und doch ist es wohl unnatürlich, anzunehmen, daß alles Gold umkristallisiert sei. Sehr erhebliche Schwierigkeiten bietet auch die Annahme von Pyritseifen. Sollen Gold und Pyrit von denselben Lagerstätten stammen, so ist es, wie schon gesagt, sehr schwer begreiflich, warum die Sandsteine und Quarzite zwar reich an Pyrit, hingegen arm an Gold sind. Ferner ist bis jetzt kein Beispiel einer Seife bekannt, auf welcher sich Pyrit in so großen Massen in unzersetztem Zustand vorfände. Der Schwefelkies gehört zu den am leichtesten verwitternden Sulfiden; er verwandelt sich ziemlich bald in Brauneisenerz, wie das z. B. die rostigen Wässer beweisen, welche den Kieslagerstätten entspringen, oder die Bäche, welche zur Aufbereitung des Ganggoldes in Siebenbürgen und Ungarn benutzt werden (Verespatak, d. i. roter Bach, und Veresviz, d. h. rotes Wasser, sind bezeichnende Namen). Nur selten aber zeigen die Pyrite der Witwatersrandkonglomerate eine Verwitterungskruste. Ferner ist es sehr fraglich, ob der sehr spröde Pyrit zwischen den harten Quarzkonglomeraten wirklich einen weiten Transport verträge; er würde wahrscheinlich ziemlich bald zu Pulver zermalmt und nicht in abgerundeten Kristallen oder Geröllen zu finden sein. Es ist also wohl weit eher anzunehmen, daß der Pyrit sich an Ort und Stelle gebildet oder nur einen ganz kurzen Transport und eine geringe Abschleifung erfahren hat, zumal man auch sonst sehr häufig Kügelchen und kugelige Konkretionen von authigenem Schwefelkies in Sedimenten antreffen kann.

2. Wohl angesichts der Schwierigkeiten, welche den übrigen Erklärungsversuchen begegneten, hat man besonders neuerdings die Goldführung der Lagerstätten durch eine spätere Imprägnation zu erklären versucht. Man würde da wohl eine Imprägnation mit Pyrit und eine solche mit Gold zu unterscheiden haben, denn beide Erze brauchen nicht gleichalterig zu sein. Über die Herkunft des ersteren hat man sich bei dieser Erklärungsweise weniger Gedanken gemacht; wie gesagt, hält Koch ihn teils für Seifenmaterial, teils für einen späteren Einwanderer. Der Schwefelkies wird im allgemeinen für älter gehalten als das

Gold, und er soll die Rolle eines Fällungsmittels gegenüber den goldführenden Lösungen gespielt haben. Wenn man sich vorstellen dürfte, daß die Konglomerate poröser gewesen seien als die Sandsteine, so wäre die Möglichkeit gegeben, daß auch die metallbringenden Lösungen in ersteren lebhafter zirkulieren konnten als in letzteren, was in den ersteren zu einem intensiveren Goldabsatz geführt hätte. Das ist aber von vornherein nicht wahrscheinlich, weil Konglomerate ganz allgemein nicht nur aus grobem Geröll, sondern aus solchem und Sand und anderem Detritus bestehen, also eher weniger durchlässig, weil ärmer an Zwischenräumen sind.

Es braucht kaum gesagt zu werden, daß man vor allem die zahlreichen eruptiven Gesteinsgänge, welche die Witwatersrandformation durchschwärmen, für die Goldzufuhr verantwortlich gemacht hat. Dies taten v. Kraatz und insbesondere Krause. Tatsächlich ist auch mehrfach behauptet worden, daß die eruptiven Gänge in ihrem Durchschnitt mit den Flözen darin eine Anreicherung bewirkten, oder daß auf der einen Seite des Ganges das Flöz reicher, auf der anderen ärmer sei. Wie indessen von mehreren Seiten<sup>1)</sup> betont wird, besteht in solcher Beziehung gar keine gesetzmäßige Beziehung, die sicherlich, wenn sie vorhanden wäre, nicht lange unbekannt und unbenutzt geblieben wäre. Wären die Lagerstätten durch Infiltration mineralisiert, so müßte das vor der Gebirgs-metamorphose geschehen sein, denn eine Folge dieser ist die äußerst dichte und harte Beschaffenheit der Konglomerate, welche wohl schwerlich eine Imprägnation zulassen würde. Die das Gebirge durchsetzenden Klüfte und Spalten dürften ferner als Zuleitungskanäle nicht in Betracht kommen, denn Golderzgänge fehlen in dem Gebiete ganz, während vielmehr andere, den Konglomeraten selbst fehlende Verbindungen in kleinen Gängen auftreten. Daß übrigens kein Zusammenhang zwischen dem Erzreichtum der Flöze und dem Auftreten von Spalten besteht, welche man als Goldbringer betrachten könnte, hat Becker ausführlich erörtert.

Was aber der Annahme einer Imprägnation vor allem hinderlich im Wege steht, das ist die feststehende Tatsache, daß die Konglomeratbänke, auch wenn sie im übrigen untereinander recht ähnlich beschaffen sind, einen sehr merklich verschiedenen Goldgehalt führen, dermaßen, daß das Main Reef fast nie bauwürdig ist, der benachbarte Main Reef Leader dagegen eine der reichsten Goldbänke darstellt. Ferner müßte, eine Imprägnation vorausgesetzt, der Goldgehalt der Schichten, auch der Konglomerate in viel weiteren Grenzen schwanken; die Mengen zugeführten Quarzes und Goldes würden weiter in einem quantitativen Verhältnis stehen, das für letzteres im Vergleich zu den goldführenden Quarzgängen ein ganz außerordentlich günstiges wäre, und endlich wäre die ziemlich gleichmäßige Imprägnation der Konglomerate in einem mehrere Kilometer breiten und über 80 km langen Striche zum mindesten gerade so wunderbar wie die primäre Goldführung in den verschiedenen Horizonten vom Main Reef bis zum Black Reef. Wenn Beck<sup>2)</sup> sagt: „Endlich dient ihr (nämlich der Imprägnationstheorie) zur Stütze die Tatsache, daß anderwärts in Transvaal, im Lydenburger Distrikt, ganz zweifellos fertige Sedimente, hier Dolomite des Malmani-Horizontes, durch Lösungen, die Quarz und Gold zugleich mit Kupfererzen absetzen, mineralisiert worden sind“, so braucht dagegen nur bemerkt zu werden, daß jene Lagerstätten von Johannesburg 260 km entfernt und daß die das Black Reef überlagernden Malmani-Dolomite eben nicht mineralisiert sind.

3. Es bleibt noch eine Erklärung übrig, nämlich die, daß das Gold zu der Zeit der Konglomeratablagerung sich in Lösung befanden habe und aus derselben zwischen den Geröllen niedergeschlagen worden ist, mithin ein Präzipitat darstelle, und daß also die Witwatersrandlagerstätten syngenetische seien. Diese Ansicht hat u. a. im Jahre 1888 Penning ausgesprochen. Stelzner, der sich

<sup>1)</sup> Hatch und Chalmers, 72; Becker, 168.

<sup>2)</sup> Erzlagerstätten, 544.

über die geologische Natur der Witwatersrand-Goldfelder nur einmal, einige Monate vor seinem Tode, öffentlich, nämlich in der Sitzung der Silberkommission vom 2. Juni 1894 geäußert hat, gab dort gleichfalls dieser Auffassung Ausdruck.<sup>1)</sup> Diese Erklärung entscheidet nicht die Frage nach der Herkunft und Entstehung der jetzigen Formen des Pyrits, sie widerspricht aber auch nicht der jetzigen Form des Goldauftretens; sie kommt der Tatsache entgegen, daß das Metall sich fast nur im Zement der Konglomerate vorfindet und nach Ansicht der meisten Beobachter höchstens als sekundäre Imprägnation in den Geröllen selbst beobachtet wird, und sie läßt sich auf natürliche Weise damit in Einklang bringen, daß das Gold gerade in den Konglomeratbänken zu finden ist.

Daß der Pyrit kein Seifenmineral ist, wurde schon vorhin für wahrscheinlich gehalten; die Annahme, daß derselbe an Ort und Stelle entstanden sei, hat zudem den Vorzug, daß man nicht zweierlei Entstehungsweise desselben Minerals in derselben Lagerstätte zuzugeben braucht. Ob nun der Pyrit ursprünglich in den Ablagerungen enthalten war oder erst später eingewandert ist, ist eine weitere Frage; sicher ist, daß Schwefel und Eisen bereits zur Zeit der sekundären Entstehung der Silikate, also zur Zeit der Metamorphose vorhanden waren. Ein von de Launay abgebildetes Handstück von der Wemmer Mine zeigt ferner eine ausgezeichnete bandförmige Anordnung des Schwefelkieses, die sich kaum anders deuten lassen dürfte, denn als durch eine schichtige Ablagerung des Erzes, und die jedenfalls durch Annahme einer späteren Imprägnation nicht erklärt wird, vielmehr alsdann als merkwürdiger Zufall gelten müßte. Für sich allein betrachtet kommt also der Pyrit fahlbandartig vor, und zwar sowohl in den Konglomerat- wie in den Sandsteinbänken. Ausgeschlossen ist es keineswegs, daß derselbe sich zu Anfang nicht im gegenwärtigen Zustand seiner Kristallisation befunden, sondern diese erst später angenommen habe.

Angenommen, das Gold habe sich aus Lösungen niedergeschlagen, dann wäre es erstens nicht notwendig, daß die Verbreitung der Goldlösung dieselbe gewesen sein muß wie derjenigen, welche zur Ausfällung von Schwefeleisen führten. Tatsächlich wenigstens müßte die Goldausfällung auf diejenigen Stellen mehr oder weniger beschränkt gewesen sein, wo das Quarzmaterial noch nicht zu feinem Sand, sondern erst zu groben Konglomeraten verarbeitet war. Das Auftreten von Konglomeraten innerhalb der Sandsteinmassen kann auf zwei Ursachen zurückgeführt werden: erstlich auf einen Wechsel der Küstenlage, zweitens auf das Eintreten stärkerer Strömungen, welche Konglomerate vom Strande auch dorthin zu bewegen vermochten, wohin bis da nur der sandartige Detritus gefördert werden konnte. Stärkere Strömung wäre aber einem gleichmäßigen Goldabsatz hinderlich gewesen, sie schlosse eine Anreicherung der Konglomerate eher aus. Der Präzipitation des Goldes aus Lösungen würde also der erstere Fall eher entsprechen; es läge dabei auch nahe, den Ursprung des Goldes auf dem Festland zu suchen, von wo es in gelöster Form dem Strande zugeführt und dort irgendwie ausgefällt worden wäre. Welcher Art die Lösungen hätten sein können, läßt sich nicht erkennen, und ebensowenig liegen Andeutungen für die Art des Fällungsmittels vor; denkbar wären als solches faulende Seeorganismen. Das auf solche Weise entstandene Gold hätte die Metamorphose des Gebirgs erlebt und müßte besondere Wanderungen und Konzentrationen erfahren haben.

<sup>1)</sup> l. c. 77. Der betreffende Abschnitt lautet: „Im Jahre 1888 ist nun am Witwatersrand in Transvaal ein weiteres Goldvorkommen entdeckt worden, das ich für meinen Teil nicht für eine ältere Seife, sondern für eine schichtige Lagerstätte halten zu sollen glaube. Derselben Ansicht ist wohl auch Herr Geheimer Oberbergrat Hauchecorne, da er es mit dem Mansfelder Kupferschiefer und dem Mechnicher Knottenflöze verglichen hat.“ In dem Manuskripte findet sich keine nähere Begründung.

de Launay neigt seit 1896 gleichfalls zur Annahme einer syngenetischen Ablagerung des Goldes. Letzteres und ebenso der Pyrit seien anderer Herkunft als die Gerölle: diese seien ein Aufbereitungsprodukt, die Erze aber an Ort und Stelle gebildet. Aus seinen eingehenden Ausführungen sei folgendes hervorgehoben:<sup>1)</sup> „Der goldführende Pyrit umhüllt stets die Quarzgerölle, auf deren Oberfläche er sich niedergeschlagen zu haben scheint, oder er bildet unregelmäßige Bänder in dem quarzigen Zement. In gewissen Fällen setzt er gebänderte Streifen zusammen, entweder parallel der allgemeinen Schichtung oder schief dazu und entsprechend einer falschen Schichtung des Sediments. Dieser Pyrit erscheint unter der Lupe oder dem Mikroskop manchmal abgerollt, besonders wenn er in parallelen Streifen auftritt; oft aber ist er auch wohl kristallisiert und hat sich notwendigerweise an Ort und Stelle infolge einer chemischen Präzipitation abgesetzt, analog derjenigen, welche anderswo Erzgänge erzeugte, und zwar zu gleicher Zeit, wie ein Teil des begleitenden Quarzes . . . . In einer Konglomeratbank ist der Goldreichtum keineswegs, wie in den goldführenden Seifen,<sup>2)</sup> immer an der Basis konzentriert, vielmehr ist derselbe gleichmäßig durch die ganze Masse verteilt; oder wenn er sich auf eine Zone lokalisiert, so kann diese sowohl in der oberen wie in der unteren Partie des Flözes liegen, wiewohl der zweite Fall der häufigere ist.“ Seine Meinung präzisiert de Launay folgendermaßen: Unter der Voraussetzung, daß das Gold während der Ablagerung der Konglomerate ausgefällt worden sei, „habe es an einem Strande, wo Quarzfragmente von irgend welcher Herkunft von den Wogen zermalmt und abgerollt wurden, Gold und Schwefeleisen (welche vielleicht durch irgend einen Vorgang entsprechend der Erzzufuhr, welche Gänge ausfüllt, herbeigeführt wurden) in wässriger Lösung gegeben; diese Substanzen hätten sich dann chemisch niedergeschlagen wie die Kupfersulfide von Mansfeld oder die Bleiglanzknotten von Commern und Mechernich, oder ferner wie die Kupfererze in Begleitung der Konglomerate von Boleo, und wären an Ort und Stelle von den Fluten hin- und hergerollt und gemischt mit den Geröllen abgelagert worden. Um die charakteristische Tatsache zu erklären, daß sich das Gold fast ausschließlich in den Konglomeraten und nicht in den zwischengelagerten Sandsteinen findet, hätte man die Mitwirkung einer mechanischen Aufbereitung zuzugeben, welche das Gold und den Pyrit als schwere Bestandteile zusammen mit den größeren Geröllen konzentrierte, wie das für alle goldführenden Alluvionen der Fall gewesen ist. Vielleicht könnte man auch hinzufügen, daß der Übergang eines Konglomerats in einen Sandstein inmitten einer Reihe von Sedimenten entweder unmittelbar einer Hebung des Bodens oder einer Änderung im Einfluß der Strömung entspricht (welche möglicherweise durch eine Hebung derselben verursacht wurde), und ferner annehmen, daß diese Bewegung jedesmal einen Erguß der schwefeligen oder chloridischen Quellen herbeigeführt und so die im Wasser gelösten metallischen Elemente erneuert habe“. Diese letztere Erklärung ist freilich nicht ungezwungen.\*

Über die Entwicklung des Goldbergbaues am Witwatersrand gibt Jeppe folgende Daten. Alluvialgold wurde am Jokeskeyfluß im Distrikt Pretoria schon 1854 gefunden, der Fund wurde indessen nicht allgemein bekannt, da die Regierung, eine Einwanderung von Fremden befürchtend, denselben geheim hielt und dessen Bekanntmachung streng verbot. Ein gewisser Arnold fand 1884 auf der dem Bauern Gildenhuis gehörenden Farm Wilgespruit das erste Konglomeratgold, worauf weitere ausdauernde Nachforschungen durch die Gebrüder Struben eine allgemeinere Verbreitung des Edelmetalls ergaben. Schon 1884 haben jene Farmer eine kleine Stampfmühle errichtet. Erst 1886 wurde das Main Reef auf der Farm Langlaagte durch einen Arbeiter Strubens entdeckt,

<sup>1)</sup> 1896, 343 ff.

<sup>2)</sup> Dort auch nicht immer!

worauf dann noch andere Farmer, wie de Villiers und Ferreira, den Abbau begannen und die Regierung in demselben Jahre das Gebiet zum Goldfeld erklärte. Die Farm Randjeslaagte wurde von der Regierung zur Anlegung eines Dorfes bestimmt, das rasch die Ausdehnung einer Stadt annahm. Schon die Grundstückauktionen der Jahre 1886—1887 ergaben das Zehnfache der früheren Preise, die Farmer gaben ihren Besitz teilweise zu enormen Preisen an Gesellschaften ab. Schon im November 1887 hatten sich 68 Minengesellschaften mit einem nominalen Kapital von 60 Mill. Mark konstituiert; der „boom“ (die Höhe der Spekulationswut) fällt in die Monate 1888 bis Januar 1889, der darauffolgende Krach in den Herbst dieses Jahres. Im ganzen arbeiten gegenwärtig etwa 40 Gesellschaften mit Erfolg, während 120 mit einem Nominalkapital von etwa 1040 Mill. Mark gegründet worden sind.

Aus den jetzt wohl durchgehends pyritischen Erzen werden 55—70% des Goldgehalts durch Amalgamation gewonnen. Die feinsten Schlämme oder „tailings“, welche bis dahin unverwendbar gewesen waren, ergeben seit 1890 mittels verdünnter Cyankalilösung (im „Cyanidprozeß“) etwa 75% des in ihnen enthaltenen Goldes. Noch im Jahre 1887 war das Erträgnis des Witwatersrands 18790 Unzen = 584,4 kg, und Cohen mußte noch um dieselbe Zeit sagen:<sup>1)</sup> „Tatsächlich haben die afrikanischen Goldfelder bisher einen merklichen Einfluß weder auf die Goldproduktion noch auf die Entwicklung von Südafrika ausgeübt und auch nirgends eine erhebliche lokale Besiedelung veranlaßt.“

Über den im Witwatersrand vorhandenen Goldvorrat liegen mehrere Berechnungen vor. Schmeißer nahm an, daß bei einer Abbauteufe von 800 m, einer durchschnittlichen Flözmächtigkeit von 1,5 m und einem Durchschnittsgoldgehalt von 21 g in der Tonne in dem 16 km langen reicherem Teile des Witwatersrands ein Goldvorrat von 1946000 kg enthalten sei. Davon waren im Jahre 1894 bereits 93000 kg gefördert. Bei gleichmäßiger Zunahme der Förderung während der nächsten 10 Jahre könne jener Metallinhalt noch weitere 25 Jahre (von 1894 an) reichen. Sollte der Bergbau bis in die Teufe von 1200 m gewinnbringend sein, so betrüge der nutzbare Goldvorrat 3105000 kg im Werte von 7187 Mill. Mark, welche in 40 Jahren abgebaut sein könnten. Bei 915 m Abbauteufe berechnete Hamilton-Smith für denselben Feldesteil einen Goldwert von etwa 4900 Mill. Mark. Desgleichen fanden Hatch und Chalmers, ebenfalls einschließlich des schon abgebauten Erzbestandes, bei Zugrundelegung einer bis 1060 m reichenden Teufe einen Goldvorrat von 2954500 kg im Werte von etwa 7640 Mill. Mark. Das voraussichtliche Gesamtgoldausbringen des Witwatersrands in der ersten Hälfte des XX. Jahrhunderts schätzen dieselben auf 14 Milliarden Mark mit einem Reingewinn von 4 Milliarden. Hammond hält ein Vordringen bis zu etwa 1800 m (6000 Fuß) für möglich und berechnet unter dieser Voraussetzung eine gewinnbare Goldmenge von über 12 Milliarden Mark im zentralen Teil des Gebietes. Er glaubt ferner, daß ein gewinnbringender Bergbau am Rand höchstens noch 25 Jahre dauern könne. Nach einer letzten Berechnung von Leggett und Hatch würde der im Witwatersrand überhaupt oberhalb einer Teufe von 1800 m ausbringbare Goldreichtum etwa 25 Milliarden Mark betragen und in  $42\frac{1}{2}$  Jahren abgebaut sein.

Gegenüber allen diesen Schätzungen mag daran erinnert werden, daß der Burenkrieg der Jahre 1899—1902, welcher die Eroberung des Witwatersrands zum Ziel hatte, England außer 22000 Menschenleben nicht weniger als 5 Milliarden Mark gekostet hat.

Bisher wurde von den Randminen für insgesamt etwa 1750 Mill. Mark Gold gefördert, wovon 400 Mill. Mark Dividende entfielen. Die Höchstproduktion betrug im Jahre 1898 für ganz Transvaal 117470 kg, sie sank während des

<sup>1)</sup> N. Jahrb., 1886, II, — 56 —.

Krieges bis auf 7430 kg (1901) und ist jetzt wieder im Begriff, die alte Höhe zu erreichen.

Ungewiß ist die systematische Stellung der goldführenden Kiesfahlbänder von **Homestake** in Süd-Dakota (Black Hills). Carpenter<sup>1)</sup> hat dieselben beschrieben. Die geologischen Verhältnisse der Black Hills sind etwa folgende: Um eine zentrale, ungefähr elliptische Granitmasse lagern sich kristalline Schiefer; diskordant darüber liegt der Potsdamsandstein des oberen Cambriums, weiterhin folgt eine mantelförmige Überlagerung von carbonischen und mesozoischen Schichten. In den Schiefeln beobachtet man zahlreiche Durchbrüche von Granitgängen; jüngere Eruptivgesteine durchsetzen die jüngeren Sedimente.

Gold wurde früher auf quartären Seifen abgebaut; für Seifen cambrischen Alters sind von Devereux die Goldlagerstätten von Deadwood Gulch gehalten worden, während Kemp dieselben für spätere Imprägnationen erklärt.<sup>2)</sup>

In einer 2 km langen und 600 m breiten Zone bei Lead City liegen die Goldlagerstätten, von denen hier die Rede sein soll. Es sind fahlbandartige Imprägnationen in kristallinen Schiefeln (besonders Phylliten und Hornblendschiefern) mit Pyrit und stellenweise auch Magnetkies, welche etwa 7% der Schiefermasse betragen sollen. Das Gold ist in gediegenem Zustand vorhanden und unregelmäßig in säulenförmigen „shoots“ (Adelszonen) von elliptischem Durchschnitt konzentriert. Die Schichten fallen unter 60°; die Golderzzonen aber besitzen ein etwas schrägeres Einfallen, während sie gleichwohl den Schichtflächen parallel liegen. Porphyre durchsetzen die Schiefer oder haben sich zwischen dieselben gelagert. Wenn auch nach Carpenter einerseits der Goldgehalt der Fahlbänder älter sein soll als das Cambrium, weil letzteres stets Goldspuren enthält, welche auf den Goldgehalt jener Fahlbänder in letzter Linie zurückgeführt werden, so scheint doch der postcambrische Quarzporphyr einen allerdings noch recht rätselhaften Einfluß auf die Verteilung desselben ausgeübt zu haben. Die Fahlbänder sind nämlich in der Nähe der Porphyre goldreicher als sonst. Daß das Gold durch die letzteren zugeführt worden sein könne, bestreitet Carpenter aus dem Grunde, weil auch andere, ähnliche und entfernt vom Porphyr auftretende Kieslager goldführend seien. Die Mächtigkeit des gegen 2000 m langen Homestake-Fahlbands beträgt etwa 150 m. Im Jahre 1902 hat die Homestake-Grubengesellschaft Gold im Werte von etwa 18 Mill. Mark produziert.

Parallel zu diesem letzteren Vorkommen liegt ein Chloritschieferfahlband von 12—25 m Mächtigkeit zwischen Phyllit im Hangenden und Glimmerschiefer im Liegenden; in dem letzteren kommen endlich noch kleinere kiesführende Chloritschieferlagen vor, die ebenso wie das zuletzt erwähnte Fahlband Gold führen. Die ganze erzführende Schieferzone hat, wie gesagt, eine Breite von etwa 600 m.

1) Ore deposits in the Black Hills; Transact. Am. Inst. Min. Eng., XVII, 1889, 570.

2) Kemp, Ore deposits, 1900, 310—311. — Devereux, The occurrence of gold in the Potsdamformation; Transact. Am. Inst. Min. Eng., X, 1882, 465—475.

#### 4. Der Kupferschiefer und verwandte Lagerstätten.

(Die Kupfererzführung des Perm.)

Die Permzeit, welche der carbonischen Gebirgsfaltung folgte, war in manchen Gegenden eine Epoche gewaltiger Denudation, lebhaftester vulkanischer Tätigkeit und im ganzen ausgezeichnet durch klimatologische Phänomene verschiedener Art; in ihr hat die Erdoberfläche stellenweise eine ganz neue topographische Gestaltung erfahren. Hinweise auf tiefgreifende Neugestaltungen, Oberflächenzertrümmerung, Verwitterung und Auflösung der Gesteine enthält das Rotliegende; abnorme Temperaturverhältnisse müssen zur Zeit der Laugenbildung der Zechsteinformation geherrscht haben. Wie kaum eine andere Formation, so regt das Perm zu Studien in paläogeographischer Richtung an und ist noch voll von Problemen. Nicht das geringste derselben ist die Kupferführung verschiedener Horizonte dieser Formation in verschiedenen Gegenden; sie ist, trotzdem sie selbstverständlich nicht überall beobachtet wird, doch für die Permformation mancher Gebiete geradezu charakteristisch, tritt in ihr in verschiedenen Gesteinen auf und hat in keiner anderen Formation auch nur annähernd ein Gegenstück.

Das untere Perm in **Rußland** führt Kupfererze, welche bis in die neuere Zeit gewonnen worden sind. Die Permformation nimmt den größten Teil des östlichen Rußland von der Wolga bis zum Ural hin ein und läßt sich in zwei Stufen gliedern, nämlich in eine sandig-tonige mit untergeordneten Konglomeratbänken und in eine kalkig-mergelige mit untergeordneten Einlagerungen von Gips. Die erstere ist ausgezeichnet durch ihre zahlreichen Pflanzenreste und dürfte annähernd unserem deutschen Rotliegenden entsprechen; die letztere führt marine Zechsteinfossilien und mag ungefähr dem deutschen Zechstein gleichzustellen sein. Über den beiden liegt eine vorzugsweise aus bunten Mergeln bestehende Schichtenfolge, welche von manchen russischen Geologen für eine Vertreterin der Trias gehalten wird (die sog. tartarische Stufe).

Die untere Abteilung des Perm ist in ihren mittleren Lagen, welche bei Perm selbst aus einem grauen oder graubraunen Sandstein mit Zwischenlagerungen von tonig-mergeligen Schichten von roter oder rotbrauner Farbe bestehen, stellenweise reich an Kupfererzen. Diese sind sehr häufig an fossile Pflanzenreste gebunden oder treten im Zement der Sandsteine auf, so daß letzterer als „Kupfersandstein“ bezeichnet werden kann. Die Kupfererze sind vor allem Malachit und Lasur, seltener Rotkupfer, Kupfer, Kupferkies, Kupferglanz und Fahlerz; ferner kommen Vanadinit und der Volborthit (wasserhaltiges Kupfer-

<sup>1)</sup> Murchison, *Geology of Russia*, 1845; übers. von v. Leonhard, 1848, „*Geologie des europäischen Rußlands*“. Deutsche Ausgabe, 167—192. — von Cotta, *Erzlagerstätten*, II, 548—551. — Neubert, *Die Kupfererzlager der Karkalinskischen Steppe*; *Berg- u. Hüttenm. Zeit.*, XXII, 1863, 141, 169. — Förster, *Notizen über den Kupferbergbau der Karkalinskischen Steppe*; ebenda XXVII, 1868, 193, 210. — Reh, *Das Kupfererz- und Salzvorkommen in der permischen Formation Südrußlands*; *Ztschr. f. Berg-, Hütten- u. Sal.-Wes.*, XXIX, 1881, 276—280. — Fuchs et de Launay, *Gîtes minéraux*, II, 327—328. — Ernst, *Die mineralischen Bodenschätze des Donezgebietes in Südrußland*. Hannover 1893, 50—51.

Calciumvanadinat) vor. Die Erze haben sich ganz besonders um die Pflanzenreste (Farne, Lepidodendren und Calamiten) angereichert. Diese letzteren bestehen manchmal fast ganz aus Kupferglanz, mitunter aber sind sie verkieselt und enthalten dann die Erze in Drusen. Auch Knochen von Sauriern sind mit den Kupfererzen imprägniert. Wahrscheinlich hatten sich zuerst Sulfide gebildet und erst später fand eine Umwandlung in oxydische Erze statt. Wie Förster betont, sind im Gouvernement Orenburg die erzführenden Sandsteine und Mergel stets grau, nie rot. Die Erze kommen nur in denjenigen Horizonten vor, welche auch pflanzenführend sind, und die Verwesung der Pflanzen ist vielleicht als die eigentliche Ursache für die Bleichung und Desoxydierung der Sandsteine anzusehen. Mit der Entfernung vom Ural wird der Sandstein kupferärmer und — etwa 500 km westlich von ihm — überhaupt taub.

In der Nähe von Perm hat man die Kupfererze auf der Hütte von Motowilikha verschmolzen; das bedeutendste Kupferwerk im Gouvernement Orenburg war dasjenige von Karkalinsk. Auch zu Bachmut im süd-russischen Gouvernement Jekaterinoslaw sind solche Erze abgebaut und verhüttet worden; man hat nach Reh 50000 Ztr. Erz mit nur 0,9% Kupfer gefördert. Der Betrieb war nicht lohnend. Nach Fuchs und de Launay ergaben die Minen von Karkalinsk noch 1875 gegen 20000 t Erz mit einem Kupferausbringen von 800 t. Das Metall soll von vorzüglicher Qualität gewesen sein.

Kupfererze finden sich in **Böhmen** in verschiedenen Distrikten und in verschiedenen Niveaus des Rotliegenden.

a) Im nordöstlichen Böhmen im oberen Flußgebiet der Elbe.<sup>1)</sup> Dort gliedert sich das Rotliegende am Südfuß des Riesengebirges nach Jokély folgendermaßen:

1. Untere Stufe mit Konglomeraten, Sandsteinen, Schiefertönen mit Pflanzenresten, Kalkmergeln und Brandschiefern (Semiler Stufe Krejčís).

2. Mittlere Stufe mit orthoklasreichen braunen Arkosen, rötlichen bis weißen Sandsteinen mit Schiefertönen, auch Mergelkalken und Hornsteinen (Braunauer Stufe). Die Arkosen sind reich an verkieselten Stämmen.

3. Obere Stufe mit tiefroten, sandigen Schiefertönen, Sandsteinen und Arkosen, ferner mit mehreren Mergel- und Brandschieferflözen, die vor allem von Toneisensteinen und Sphärosideriten begleitet werden. Untergeordnet auch Steinkohlenschmitzen (Kalnaer Stufe).

In der Gegend von Hoheneibe und Starckenbach sind oxydische Kupfererze an den Brandschiefer der Semiler Stufe gebunden. Das 1—3 m starke Lager von Brandschiefer enthielt etwa 1,30 m mächtige Imprägnationen von solchem Erz, das seit alten Zeiten bis in die 50er Jahre des XIX. Jahr-

<sup>1)</sup> Katzer, Geologie von Böhmen, 1892, 1188—1212, 1222—1225. — von Cotta, Erzlagerstätten, II, 213, Lit. — Grimm, Die Kupfererzlagerstätten im nordöstlichen Theile Böhmens bei Starckenbach, Rybnice, Ober- und Nieder-Rochlitz und die darauf bestehenden Bergbauunternehmungen; Leobener Jahrb., VII, 1857, 79—98. — Porth, Das Kupfererz-Vorkommen im Rotliegenden des nordöstlichen Böhmens; Tagebl. d. XXXII. Vers. deutsch. Naturf. u. Ärzte, 1856, 95; Ref. N. Jahrb., 1857, 347. — Hering, Die Kupfererzlagstätte der Dyas im nordöstlichen Böhmen in Bezug auf ihre Abbauwürdigkeit; Österr. Ztschr. f. Berg- u. Hütt.-Wes., 1888, 676—678. — Gürich, Die Kupfererzlagstätte von Wernersdorf bei Radowenz in Böhmen; Ztschr. f. pr. Geol., 1893, 370—371.

hunderts abgebaut wurde. „Beim Bau der Pardubitz-Reichenberger Eisenbahn wurden mehrere Kupfererzlager aufgeschlossen, das wichtigste bei Košfalov im Hangenden des SSO. verflächenden (unteren) Brandschieferflözes zwischen sehr festen Konglomeraten. Das flach einfallende Lager bestand von oben nach unten: aus grauem, sandigem Ton mit zur Firste führenden, flachen tonigen Roteisensteinnieren, aus grünlich-grauem, glimmerig-sandigem Ton ohne Kupfererze; aus grauem Ton mit Pflanzenresten, der eigentlichen Kupfererze führenden Schicht; dann Konglomeraten und Sandsteinen. In einem Schurfschacht in der streichenden Strecke wurde ein etwa 1 m mächtiges, Fahlerze, Malachit, Azurit führendes Lager angefahren. Unter dem Hangendkonglomerate folgte kohle-, fahlerz- und azurithaltiger Schiefertone, darunter malachitführende Konglomerate und Schiefertone und zu unterst fast erlere Konglomerate.“<sup>1)</sup>

Die Lagerstätte von Oberkalna bei Hohenelbe ist an die Brandschiefer der Kalnaer Stufe gebunden. Diese besitzen dort graue Farbe, wo sie Malachit und Kupferlasur führen, während die schwarzen Schiefer silberhaltigen Kupferglanz enthalten. Die Erze sind auf einzelne Lagen konzentriert, diese durch Zwischenmittel von 0,15—0,2 m Mächtigkeit getrennt. Die abbauwürdige Erzmächtigkeit betrug 0,75 m. Dach und Sohle der Lagerstätte bestehen aus Brandschiefer. Ähnliche Beschaffenheit zeigt das Lager bei Huttendorf, Hennersdorf, Pelsdorf und Hermannseifen (Hering).

Das östlichste Kupfererzlager Böhmens liegt am Ostabfalle des Riesengebirgs bei Radowentz-Wernersdorf-Jipka in der Nähe von Trautenau. Man beobachtet dort nach Gürich folgende Schichtenreihe:

Unten: Konglomerate,  
rötliche oder grünliche Schiefertone,  
Porphyry,  
Kalkstein,  
Hornstein.

Oben: Konglomerate in Sandstein übergehend.

Zwei kupfererzführende Schiefertone sind in die unteren Konglomerate mit einem Vertikalabstand von etwa 6 m eingelagert.

Nachdem man bis 1866 nur die oxydischen Erze des Ausgehenden gewonnen hatte, hat man vor wenigen Jahren mittels Stollen auch die tieferen Flözteile erschlossen und konstatiert, daß das Kupfererz dort nur aus Kupferglanz besteht, der von Pyrit begleitet ist. Das Erz findet sich in feiner Verteilung oder in Schnüren, d. s. bis fingerdicke Lagen von Sulfidkonkretionen, ferner in handtellergrößen, aus dem Gestein leicht loszulösenden Konkretionen, die innen aus Kupferglanz, außen aus Pyrit bestehen und das reichste Erz mit bis zu 14% Kupfer bilden. Die Schnüren sind ringsum mit dem Gestein verwachsen und gehen in dasselbe über. Auch das Konglomerat unter der Erzlage führt staubförmig verteilten Kupferglanz oder dünne Häutchen davon, dabei  $\frac{1}{50}$  des Kupfergehalts an Silber und Spuren von Gold. Nach Gürich gehören diese Kupferflöze dem unteren Rotliegenden an.

Die Entstehungsweise der nordböhmischen Kupfererzlagerstätten ist wiederholt und in verschiedenem Sinn erörtert worden. Da die Karbonate des Kupfers gern als deutliche Imprägnationen in den Schichten auftreten, so wurden die Lagerstätten verschiedentlich als jüngere Infiltrationen aufgefaßt, und in diesem Sinne äußerten sich schon Polak, Naumann<sup>2)</sup> und v. Cotta. Neuerdings haben aber Hering und Gürich daran festgehalten, daß der ursprüngliche Erzabsatz stets ein sulfidischer, syngenetischer gewesen sei, und daß erst nach der Ver-

<sup>1)</sup> Katzer, Geologie von Böhmen, 1892, 1224, nach Zippe; Sitzber. der Kais. Akad. Wien, XXVIII, 199.

<sup>2)</sup> Geognosie, 2. Aufl., II, 604.

witterung des Kupferglanzes eine Wanderung der Karbonate stattfand, welche den Eindruck einer epigenetischen Entstehungsweise der Erze hervorruft. Von großer theoretischer Bedeutung ist auch hier wiederum das Auftreten gerade von Kupfer im Perm und der Umstand, daß, wie noch beschrieben werden soll, auch in anderen Gegenden Böhmens dieses Rotliegende kupferführend ist. Ganz nebensächlich ist es offenbar, daß das Kupfer im böhmischen Rotliegenden in verschiedenen Horizonten auftritt, denn zu verschiedenen Zeiten können sich unter günstigen Verhältnissen an demselben und an verschiedenen Orten die Erze aus den Metalllösungen niedergeschlagen haben.

b) Im Rotliegenden von Prag bei Böhmischem-Brod und Schwarzkosteletz.<sup>1)</sup> 30 km östlich von Prag, beinahe in der Mitte Böhmens, ist zwischen Gneis und Granit eine steil aufgerichtete Scholle von Rotliegendem eingeklemmt. Zu unterst besteht dieselbe aus Konglomeraten, dann folgen rote, braune oder graue lockere Sandsteine, deren liegende Partien als Arkosen bezeichnet werden können und die stellenweise auch geringfügige Steinkohlenschmitzen und Brandschiefer enthalten. Untergeordnete Lagen von Kalkstein treten im Hangenden auf. Die Arkosen führen unregelmäßig verteilte Mengen von Kupferkarbonaten, welche manchmal den Zement derselben bilden; mitunter ist das Gestein samt den Konglomeraten ganz damit imprägniert, bald aber sind nur einzelne Butzen und Flecke oder Anflüge von Erzen zu beobachten. Sulfide scheinen zu fehlen. Hauptsächlich bei Chrast nahe Böhmischem-Brod wurden 1851 solche Erze verarbeitet; jetzt geht dort kein Bergbau mehr um.

Auch im Rotliegenden Deutschlands fehlen Kupfererzlager nicht ganz. So hat früher in der Rheinpfalz nahe dem Donnersberg ein Kupfererzvorkommen im Rötelschiefer Anlaß zu einem Bergbau gegeben. Dasselbe besteht z. B. in den „Kupferlöchern“ auf der Fohlenweide bei Standenbühl in kirschengroßen Knöllchen von Kupferglanz und Kupferkies und in einem 10 cm mächtigen Lager solcher Erze. Ganz ähnlich sind die schon in früherer Zeit abgebauten Erze auf dem „Kupferacker“ bei Bräunigweiler, und genauere geschichtliche Nachrichten besitzt man über den Bergbau von Altenleiningen, wo von 1423—1524 und von 1605—1624 neben Kupfer auch Silber erzeugt wurde.<sup>2)</sup>

Spärliche Kupfervorkommnisse enthält stellenweise das Rotliegende Niederschlesiens.

### Die Kupferführung des deutschen Zechsteins.

#### Literatur.

J. C. Freiesleben, Geognostischer Beitrag zur Kenntnis des Kupferschiefergebirgs der Grafschaft Mansfeld, I—IV. Freiberg 1807—1815.

von Veltheim, Über das Vorkommen der metallischen Fossilien in der alten Kalkformation im Mansfeldischen und im Saalkreise; Karstens Archiv f. Bergb. u. Hüttenk., XV, 1827, 89—170.

von Cotta, Erzlagerstätten, II. Teil, 1861, 74—79, 110, Lit.

von Groddeck, Erzlagerstätten, 95—97, 301.

Bäumler, Über das Vorkommen von Nickelerzen im Mansfeldischen Kupferschiefergebirge; Ztschr. d. deutsch. geol. Ges., IX, 1857, 25—50.

Schrader, Der Mansfeldische Kupferschiefer-Bergbau; Ztschr. f. Berg-, Hütten- u. Sal.-Wes., XVII, 1869, 251—303.

<sup>1)</sup> Reuß, Über den Kupfergehalt des Rotliegenden der Umgegend von Böhmischem-brod; Jahrb. k. k. Reichsanst., 1852, II. Viertelj., 96. — von Cotta, Erzlagerstätten, II, 209. — Katzer, Geologie von Böhmen, 1183, 1222.

<sup>2)</sup> Gümbel, Geologie von Bayern, II, 989.

Der Kupferschieferbergbau und der Hüttenbetrieb in den beiden Mansfelder Kreisen; dargestellt von der Ober-Berg- und Hütten-Direktion in Eisleben, 1881; II. Ausg. 1889.

Plümicke, Darstellung der Lagerungsverhältnisse des Kupferschieferflözes und der Zechsteinformation der Grafschaft Mansfeld; Karst. Arch. f. Min., Geogn. usw., XVIII, 1844, 139—170.

Buchrucker, Der Kupferschieferbergbau und Hüttenbetrieb zu Neu-Mansfeld bei Seesen am Harz; Berg- u. Hüttenm. Ztg., XXVI, 1867, 241—242, 277—279.

Neumann, Der Kupferschieferbergbau und Hüttenbetrieb in der Grafschaft Mansfeld im XVI. Jahrh.; Berg- u. Hüttenm. Ztg., LIX, 1900, 76—80.

Heine, Über den Bergbau und die Erzverarbeitung in Mansfeld; Ztschr. f. angew. Chemie, 1895, 335—337.

Kosmann, Das Kupferschieferbergwerk und die Kupferschmelzhütte zu Rottleberode am Harz; Berg- u. Hüttenm. Ztg., LII, 1893, 29—31.

von Albert, Über die Lagerung und Bauwürdigkeit des Kupferschieferflözes im Herzogtum Anhalt; Berg- u. Hüttenm. Ztg., XXIII, 1864, 261—263.

Klockmann, Der geologische Aufbau des sog. Magdeburger Uferlandes mit besonderer Berücksichtigung der auftretenden Eruptivgesteine; Jahrb. preuß. geol. Landes-Anst. für 1890, 118—256, bes. 228—239.

Spengler, Zur Geschichte des Kamsdorfer Bergbaues in den letzten 150 Jahren; Ztschr. f. Berg-, Hütten- u. Sal.-Wes., XIV, 1866, 250—254.

Beyschlag, Die Erzlagerstätten in der Umgebung von Kamsdorf in Thüringen; Jahrb. preuß. geol. Landes-Anst. für 1888, 329—377. — Ders., Die Kobaltgänge von Schweina in Thüringen; Ztschr. f. prakt. Geol., 1898, 1—4. — Ders., Beitrag zur Genesis des Kupferschiefers; ebenda 1900, 115—117. — Ders., Geologische Übersichtskarte der Gegend von Halle a. S. Die Mansfelder Mulde und ihre Ränder.

von Ammon, Über eine Tiefbohrung durch den Buntsandstein und die Zechsteinschichten bei Mellrichstadt an der Rhön; Bayr. geogn. Jahresh., XIII, 1900, 149—193.

Heuser, Versuch einer geognostischen Beschreibung der im Riechelsdorfer Gebirge aufsetzenden Gänge und sog. Veränderungen; von Leonhards Taschenbuch, XIII, 1819, 311—447.

Graßmann, Das Riechelsdorfer Kupfer- und Kobaltwerk in Hessen; Ztschr. f. d. Berg-, Hütten- u. Sal.-Wes., XXXIV, 1886, 195—207.

Joh. Leb. Schmidt, Mineralogische Beschreibung des Bieberggrundes; von Leonh. Taschenb., II, 1808, 45—70.

Bücking, Der nordwestliche Spessart; Abh. preuß. geol. Landes-Anst., Neue Folge XII, 1892, 137—141.

G. Württenberger, Über die Zechsteinformation, deren Erzführung und den unteren Buntsandstein bei Frankenberg in Kurhessen; N. Jahrb., 1867, 10—38. — Ders., Zur Geschichte des Frankenger Kupferwerkes im Regierungsbezirk Cassel; Ztschr. f. d. Berg-, Hütten- u. Sal.-Wes., XXXVI, 1888, 192—209.

Holzapfel, Die Zechsteinformation am Rande des rheinischen Schiefergebirges; Marburger Dissertation, 1879.

Denckmann, Die Frankenger Permbildungen; Jahrb. d. preuß. Landes-Anst. für 1891, 234—267.

Leppla, Über die Zechsteinformation und den unteren Buntsandstein im Waldeckischen; ebenda 1890, 40—82.

Drevermann, Über ein Vorkommen von Frankenger Kupferletten in der Nähe von Marburg; Centr.-Bl. f. Min., 1901, 427—429.

Beschreibung der Bergreviere Arnsberg, Brilon und Olpe, sowie der Fürstentümer Waldeck und Pyrmont; herausgeg. v. k. Oberbergamt zu Bonn, 1890, 120—121, 139—143.

von Festenberg-Packisch, Der metallische Bergbau Niederschlesiens. Wien 1881, 75—77.

Hornung, Die Regionalmetamorphose am Harze. Stuttgart 1902, 105—109. — Ders., Centralbl. f. Min., 1903, 258—263.

Pošepný, Über die Genesis der Erzlagerstätten; Leobener Jahrb., XLIII, 1895. Bergeat, Centralbl. f. Min., 1901, 564—566.

Siehe auch die Erläuterungen zu der geol. Spezialkarte v. Preußen Blatt Allendorf, Eschwege, Sontra, Kelbra, Königsee, Hönebach u. a.

Ferner wurden benutzt:

Briefliche Mitteilungen von Bergdirektor Kretschmann über den Bergbau von Schweina an Bergeat.

Manuskript von Fürer (1885), Über den Kupferschieferbergbau von Niederschlesien. (Von der Direktion der k. geol. Landes-Anst. in Berlin dem Herausgeber freundlichst zur Einsicht überlassen.)

Die wichtigsten Kupfererzlagerstätten der deutschen Dyas sind an den Zechstein gebunden. Derselbe enthält solche in verschiedenen Horizonten.

#### a) Der Kupferschiefer Mitteldeutschlands.

Der Kupferschiefer ist als ein schwarzer, sehr stark bituminöser Mergelschiefer mit einem feinverteilten Gehalt an Sulfiden weit verbreitet am Harz, am Nord- und Südrand des Thüringer Waldes, in Hessen, und ist noch im nördlichsten Bayern nachzuweisen. Nicht jeder kupferhaltige bituminöse Mergelschiefer des Zechsteins darf als Kupferschiefer im wahren Sinn bezeichnet werden, sondern nur derjenige wenig mächtige Schichtenkomplex ist darunter zu verstehen, welcher das Liegende des eigentlichen Zechsteinkalkes bildet, zumeist vom Zechsteinkonglomerat oder auch dem Weißliegenden unterlagert wird und häufig ausgezeichnet ist durch das Auftreten der Fische *Palaeoniscus Freieslebeni* Ag. und *Platysomus striatus* Ag., wozu noch eine Reihe anderer Ganoidfische und die Reste der *Ullmannia Bronni* usw. hinzukommen.

\* In den meisten der weit zerstreuten Kupferschiefervorkommnisse ist die Kupferführung an Kupferkies gebunden; durch das Auftreten der reicheren Sulfide ist das Mansfelder Gebiet ausgezeichnet. Der Kupferkies bildet Körnchen, feine Lagen und rundliche oder unregelmäßige Konkretionen. Von einer Bleichung des bituminösen Schiefers, einer Verminderung des Bitumengehalts oder einer anderen Veränderung der Zusammensetzung des Schiefers in der Nähe des Erzes ist nichts zu bemerken. Ebenso wenig konnte an zahlreichen kupferkiesführenden Präparaten irgend eine Wahrnehmung gemacht werden, welche für eine spätere Einwanderung des Erzes in das Gestein spräche. Auch dort, wo jüngere Nickel-, Kobalt- oder Kupfererze den Schiefer gangförmig durchsetzen, ist von einer besonderen Veränderung des letzteren nichts zu sehen.<sup>1)</sup> \*

Das Kupferschieferflöz umsäumt den Harz von Hahausen am nordwestlichen Harzrand bis in die Gegend von Ballenstedt; es tritt besonders am Südrand auf,

<sup>1)</sup> Ich verdanke die Einsicht in eine große Anzahl von Dünnschliffen zahlreicher Kupferschiefervorkommnisse Herrn Bergingenieur G. Köhler. Bergeat.

während es in der größten Erstreckung des Harznordrandes samt dem übrigen Zechstein fehlt, d. h. verdeckt ist.

Am wichtigsten ist der uralte Kupferschieferbergbau von **Mansfeld** und **Eisleben** am Ostrand des Harzes. Nur dort wird der Kupferschiefer jetzt noch in größerem Maßstabe abgebaut, während noch bis in die letzten Jahrzehnte an verschiedenen anderen Orten Hessens und Thüringens Bergbau auf solchem umgegangen ist. Mit dem Rotliegenden lehnt sich am Süd-Ostrand des Harzes die weite, zwischen dem Thüringer Wald und diesem Gebirge sich ausbreitende Perm-Trias-Mulde gegen das ältere gefaltete Gebirge. Unmittelbar östlich des Harzes und zwischen diesem und etwa der Saale sind zwei sattelförmige Emporwölbungen des Rotliegenden zu bemerken, deren Achsen annähernd der Längserstreckung des Harzes parallel laufen; es sind dies der Rothenburger Zug zwischen Hettstedt, Gröbzig und Wettin im Norden und der NW.—SO. streichende sog. Hornburger Sattel zwischen Annarode und Hornburg im Süden. Zwischen diesen beiden Sätteln breitet sich die Mansfelder Mulde aus, in deren westlichem Teil die Bergstädte Hettstedt, Mansfeld und Eisleben liegen. Die in den beiden Sätteln zutage austreichenden Massen des Rotliegenden werden rings umsäumt vom Zechstein, dieser selbst im Innern dieser Mulde wie auch in der großen Thüringer Hauptmulde von der Trias, vor allem vom Buntsandstein eingedeckt.

Man unterscheidet drei Flözzüge: 1. den Eisleben-Hettstedter Zug, d. i. der Kupferschiefersaum am Rand der Mansfelder Mulde mit nach innen gerichtetem Einfallen; 2. den nach Norden einfallenden, äußeren Wiederstedter Zug; 3. den südlichen äußeren, nach SW. einfallenden Sangerhäuser Zug.

Das Einfallen des Flözes ist selbstverständlich von der allergrößten Wichtigkeit für die Abbaufähigkeit desselben. Es wechselt beträchtlich. Unmittelbar am Harzrand zwischen Wippra und Sangerhausen fällt das Flöz unter 40—50° nach S., am SW.-Flügel des Hornburger Sattels unter 20° nach SW., am NO.-Flügel desselben bis gegen Eisleben ebenso steil, ja noch steiler gegen NO.; am westlichen Rand der Mulde, zwischen Wimmelburg bei Eisleben und nahe Hettstedt ist das Fallen für den Bergbau am günstigsten, denn es beträgt dort nur 5—7°; erst im nördlichen Teil der Mulde neigen sich die Schichten wieder 10—12° gegen Süden. Es versteht sich von selbst, daß in der Gegend von Mansfeld-Hettstedt der Bergbau bei aller Flächenausdehnung lange Zeit nur geringe Tiefen erreicht hat. 1830 war er noch nicht bis zu 140 m vorgedrungen; erst im Beginn der sechziger Jahre des XIX. Jahrhunderts ging man zu beträchtlicheren Teufen hinab und hat jetzt solche von über 500 m erreicht.

Zwischen dem Rotliegenden und dem Kupferschiefer liegt auch im Mansfeldschen das Weißliegende, dessen oberster 0,2—2 m mächtiger kalkhaltiger Teil als „Zechsteinkonglomerat“ bezeichnet wird. Der alleroberste Teil des Zechsteinkonglomerats ist häufig stark verkieselt und wird dann Hornschale genannt. Scharf gesondert von dem Konglomerat ist der Kupferschiefer, ein schwärzlicher, sehr stark bituminöser, geradschieferiger Mergelschiefer von sehr feiner Schichtung. Nach oben zu nimmt sein Bitumengehalt ab. Weiterhin folgen dann:

Das Dach oder der Dachklotz, ein 15—35 cm mächtiger mergeliger Kalk.

Die Fäule, 0,75—1 m, dünnplattiger, blaugrauer Kalk.

Der Zechstein, ein dichter Kalkstein und ausgezeichnete Baustein, darüber der Gips, die Rauchwacke, die Asche und die verhärtete Asche (der

„Rauhstein“) sowie der Stinkstein. Die Verbreitung des Gipses und Anhydrits ist eine ganz unregelmäßige, sehr häufig fehlen sie überhaupt ganz. Dem Zechstein und dem Gips entströmen brennbare Gase.

Das Kupferschieferflöz läßt innerhalb der einzelnen Reviere eine über weite Flächen hin sich völlig gleichbleibende Gliederung in verschiedene Lagen zu, wie nachstehend ersichtlich:

Hettstedt-Gerbstedt:		Eisleben:	Sangerhausen:	
Liegendes: Liegende Schale	} 5—6 cm	} fehlt	Erzschiefer	
Lochen				
Lochschale				
Schieferkopf	} 10 cm	} grobe Lette	Blattschiefer	
Kopfschale				
Kammschale				
Lochberge	} 22—30 cm	Kopf { Ober-	Unterwand	
Noberge				} Noberge
Hangendes: Oberberge				

Die unteren Lagen sind ausgezeichnet dünnschieferig, die oberen, besonders die Noberge und Oberberge, sind mehr dickbankig. Die Kopfschale und die Kammschale sind durchsetzt von Gipsschnüren und -bändern.

Der Erzgehalt der Schiefer wird bedingt durch die „Speise“, d. s. fein eingesprengte Stäubchen verschiedener Sulfide, welche dem Schiefer auf frischem Bruch einen metallischen Schimmer verleihen. Solche Erze sind hauptsächlich Kupferglanz, daneben Kupferkies und Buntkupfererz, sowie Eisenkies, seltener Bleiglanz und Fahlerz. Aus der chemischen Zusammensetzung wird auf die Anwesenheit von Schwefelsilber und Zinkblende geschlossen; nachweisbar ist ferner ein Gehalt an Nickel und Kobalt; Wismut fehlt ganz (Heine). Endlich lassen sich noch geringe Mengen von Selen, Molybdän und Vanadium erkennen. Kupferglanz, Buntkupfererz, Kupferkies, Eisenkies und gediegen Silber finden sich auf Klüften und als Überzug über dem Panzer von Fischen. Derbere Massen von Kupfersulfiden kommen bis in den hangenden Zechstein hinein vor und werden als „Erzkieken“ bezeichnet. Sie haben etwa die Größe von Bohnen und sind Konkretionen. Dergleichen Gebilde können auch aus Pyrit bestehen. Der eigentliche Reichtum des Flözes liegt indessen im allgemeinen in der „Speise“, dem ursprünglichen Sulfidgehalt desselben. Die Metallführung nimmt im allgemeinen von unten nach oben im gleichen Maße wie der Bitumengehalt ab, so daß im Hettstedter und Gerbstedter Revier die Kammschale noch mehr oder weniger schmelzwürdig ist. Sind die oberen Lagen reicher an Erz, so sind die unteren meistens um so ärmer; dieser Fall tritt, wie hier schon erwähnt werden soll, in der Nähe der „Rücken“ genannten Störungen ein, wo dann auch die oberen, sonst unbauwürdigen Kupferschieferlagen bis einschließlich des Dachklotzes gut erzführend werden können. Der Kupfergehalt ist aber dann in Form von Hieken oder in Rissen und Klüften, viel seltener als „Speise“ vorhanden.

Am größten ist der Metallgehalt des Kupferschiefers zwischen Gerbstedt und Eisleben; er beträgt dort 2—3% Kupfer und 0,010—0,015% Silber (5 kg Silber in der Tonne Kupfer) in den abbauwürdigen unteren Lagen, sinkt aber bis auf die Hälfte im südlichen und nördlichen Teil der Mulde.

Nachstehende vier Analysen zeigen die Zusammensetzung des Erzes:

	I. Vom Ottoschacht, rechter Flügel.	II. " " linker "	III. " Ernstschacht, " "	IV. " Glückhilfschacht, linker Flügel.
SiO <sub>2</sub>	38,42	32,87	33,15	29,22
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,93	11,28	12,90	11,76
CaO	10,93	14,31	14,39	12,66
MgO	3,53	4,53	2,32	2,25
CO <sub>2</sub>	7,02	13,51	10,47	9,43
Fe	1,81	0,85	3,31	2,97
Cu	2,01	2,93	2,90	2,88
Ag	0,015	0,010	0,016	0,021
S	3,18	3,96	2,15	4,97
Bitumen	14,63	14,07	9,89	17,21
	97,475	98,320	91,496	93,371

Vollständiger ist die nachstehende Analyse, welcher die Durchschnittsprobe einer Monatsförderung vom Hoffnungsschacht zugrunde liegt und welche sich zusammensetzt aus feiner Lette, grober Lette und Kammschale:<sup>1)</sup>

V. SiO <sub>2</sub>	33,15	Zn	1,276	S	2,310
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17,3	Cu	2,75	CO <sub>2</sub>	9,240
CaO	10,4	Ag	0,014	H <sub>2</sub> O	1,700
Mg	1,0	Ni	0,018	Bitumen	9,060
Fe	2,6				

Dazu Alkalien, Sauerstoff, Chlor. Die Alkalien sind teils an Kieselsäure, teils an Chlor, der Sauerstoff vorzugsweise an Eisen und Magnesium gebunden.

Die folgenden Analysen zeigen die Zusammensetzung der hangenden Schichten des Kupferschiefers im Ottoschacht:

<sup>1)</sup> Die Analysen V—XI verdanke ich Herrn Bergrat Schrader, dem Direktor der Mansfelder Gewerkschaft. Dieselben wurden im Jahre 1891 ausgeführt von Dr. Haase in Berlin. Herr Bergrat Schrader schreibt mir: „Hinsichtlich der Berechnung des Gehaltes an Bitumen und Wasser ist noch zu bemerken, daß das Bitumen wegen seiner schwankenden Zusammensetzung nicht aus den durch Verbrennen gefundenen Werten berechnet wurde. Vielmehr sind diese in den beiden letzten Zeilen direkt angegeben. Hierbei ergibt sich natürlich für Wasser ein zu hoher Wert, da ein großer Teil desselben erst durch Verbrennung des Wasserstoffs gebildet wird.“ Bergeat.

	VI Kammshale	VII Kopf	VIII Schwarze Berge	IX Dachberge	X Fäule	XI Zechstein
SiO <sub>2</sub> . . . . .	39,67	35,00	40,47	24,15	28,45	10,54
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	—	—	—	0,69	0,68	0,31
FeO . . . . .	2,56	2,02	2,43	1,50	1,33	0,65
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	14,00	11,07	12,88	7,75	8,27	3,14
CaO . . . . .	5,94	12,50	10,76	22,16	24,90	40,97
MgO . . . . .	4,83	7,49	6,69	9,36	4,98	3,70
K <sub>2</sub> O . . . . .	3,46	3,22	3,28	2,05	2,42	0,98
Na <sub>2</sub> O . . . . .	1,15	1,02	1,23	0,71	1,09	0,45
S . . . . .	2,30	1,64	1,34	0,61	0,56	0,15
SO <sub>3</sub> . . . . .	0,23	0,48	0,79	2,15	0,30	4,05
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0,23	0,15	0,21	0,13	0,13	0,06
Cu . . . . .	0,85	0,71	0,58	0,14	0,15	0,04
Pb . . . . .	1,47	0,94	0,83	Spur	0,05	0,03
Zn . . . . .	2,04	2,11	0,90	0,46	0,62	Spur
MnO . . . . .	0,26	0,33	0,44	0,68	0,61	0,76
CO <sub>2</sub> . . . . .	7,56	16,26	14,02	26,16	24,39	33,65
Bitumen u. H <sub>2</sub> O	Rest	Rest	Rest	Rest	Rest	Rest
und zwar:						
C . . . . .	9,96	3,70	1,61	0,32	0,22	0,21
H <sub>2</sub> O . . . . .	8,87	4,07	2,87	1,58	1,42	0,85

Es ergibt sich aus dem Mitgeteilten, daß nicht nur Kupfer, Silber und Eisen, sondern auch recht beträchtliche Mengen Blei und vor allen Zink im untersten Zechstein enthalten sind. Zieht man die Gesamtmenge des in dem Kupferschiefer und dessen hangenden Schichten vorhandenen Zinks in Betracht, so ist dieselbe offenbar viel größer als die des vorhandenen Kupfers; man hat sogar bereits daran gedacht, das Zink zu verwerten. Nickel ist in dem Schiefer äußerst wenig, nämlich 0,018, vorhanden; das Verhältnis zwischen Kobalt und Nickel einerseits und dem Kupfer andererseits geht hervor aus den nachstehenden Analysen der Kupfersteine, in welchen diese Metalle konzentriert sind. Die Schiefer ergeben 4—10% Kupferstein, welcher (1888) enthielt:

	Krughütte	Kochhütte	Kupfer- Kammerhütte	Eckardthütte
Kupfer . . . . .	41,360	44,500	39,000	46,300
Silber . . . . .	0,226	0,255	0,240	0,266
Blei . . . . .	0,537	0,675	0,600	0,745
Eisen . . . . .	24,325	20,970	21,560	21,867
Mangan . . . . .	0,850	1,080	0,648	0,533
Zink . . . . .	3,711	2,412	7,020	2,867
Nickel . . . . .	0,300	0,205	0,398	0,327
Kobalt . . . . .	0,292	0,141	0,366	0,283
Arsen . . . . .	0,080	0,086	0,120	0,106
Schwefel . . . . .	25,815	25,368	26,229	24,401

Die bei der Kupfersteingewinnung entfallende Rohschlacke zeigt folgende Zusammensetzung:

	Krughütte	Kochhütte	Kupfer- Kammerhütte	Eckardthütte
SiO <sub>2</sub> . . . . .	47,630	48,465	46,810	46,390
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	14,825	17,001	17,636	16,525
CaO . . . . .	18,350	23,187	19,815	21,510
MgO . . . . .	6,732	2,220	3,677	0,847
Cu <sub>2</sub> O . . . . .	0,289	0,277	0,333	0,300
PbO . . . . .	0,232	0,118	0,065	Spur
FeO . . . . .	4,725	4,643	7,213	2,768
ZnO . . . . .	1,165	0,692	2,056	0,934
MnO . . . . .	0,697	0,328	0,827	0,744
NiO, CoO . . . . .	0,063	Spur	0,038	Spur

Der Kupferschieferbergbau in der Mansfelder Mulde beschränkt sich auf die Westseite derselben, und zwar auch hier auf die Gebiete, welche zwischen den Linien Wolferode-Eisleben und Welfsholz-Augsdorf liegen. Außerhalb dieses Striches ist der Kupferschiefer nicht abbaufähig. Die Gesamtlänge des Abbaufeldes beträgt 18000 m. Übrigens befinden sich auch innerhalb des gewinnungswürdigen Flözes stellenweise etwa hektargroße Gebiete mit geringerem Metallgehalt.

Die Lagerung des Kupferschiefers ist selbstverständlich keine ganz ungestörte. So versteht man unter den „Bergen“ „mächtige, nach dem Ausgehenden sehr breite, untereinander fast parallel und diagonal gegen das Streichen des Flözes stumpf oder spitz verlaufende, sattelförmige Erhebungen, deren Umriss durch die um sie herumgetriebenen Sohlenstrecken deutlich markiert sind, sich aber nach der Tiefe zu verflachen“ (Schrader) und deshalb in den tiefsten Bausohlen nur noch schwach angedeutet sind. Als „Rücken“ bezeichnet man die vorwaltend gegen SW. einfallenden, etwa NW.—SO. streichenden Störungen, welche es mit sich bringen, daß das Flöz bei nordwärts vorschreitendem Abbau in der gleichen Richtung staffelig ansteigt. Zwischen zwei Hauptrücken liegen die „Gräben“. Die durch die Rücken bewirkten Störungen sind gewöhnlich nur geringfügig, erreichen indessen stellenweise bis über 8 m, ja sogar über 20 m. Innerhalb des zwischen zwei „Hauptücken“ liegenden Grabens haben gewöhnlich kleinere Störungen, Überschiebungen und Senkungen, stattgefunden, wodurch die zwischen den beiden Grabenufern liegende, bandförmige Scholle in eine Anzahl Streifen zerschnitten zu sein scheint. Schleppung der Schichten längs der Verwerfungen ist eine sehr gewöhnliche Erscheinung; innerhalb des Grabens sind die Schichten gebogen, geborsten, von kleinen Spältchen durchzogen, neigen zu krummschaliger Absonderung und zeigen viel Rutschflächen. Die Breite der Flözgräben ist verschieden, sie wechselt etwa zwischen 30 und 80 m (Fig. 91 u. 92).

Reich an Rücken ist das nördliche Gebiet bei Hettstedt, nämlich das Burgörner Revier mit dem Eduardschacht und die benachbarten Felder des Freiesleben- und Niewandtschachtes. Jener Feldesteil wird auf eine flache Länge von 2800 m fünfmal von Rückengräben durchsetzt, welche zwischen sich vier ziemlich parallel verlaufende Streifen erzeugen (Fig. 93). Das Streichen der Gräben und Rücken ist etwa dasjenige des nördlichen Harzrandes. Sie sind voneinander mehrere 100, ja sogar 1000 m entfernt. Während die Hauptrücken



immerhin Mächtigkeiten von 0,1 m erlangen, sind die übrigen Spalten schmal und unbedeutend. Die Hauptstörungen werden begleitet von Schwärmen paralleler Risse und mehr oder weniger kurzer Klüfte, der sog. „Bahnen“.

Von großem Interesse und ganz besonderer technischer Wichtigkeit ist die schon seit langer Zeit bekannte Beeinflussung des Metallgehaltes im Kupferschiefer durch die ihn durchschneidenden Rücken. Letztere wie die Bahnen sind im allgemeinen in Mansfeld ausgefüllt mit gelblichem oder weißem oder fleischrotem Schwerspat, daneben mit Kalkspat und Braunspat. Außerdem enthalten sie Erze, nämlich Rotnickelkies, der in neuerer Zeit und auf den tieferen Bauen seltener geworden ist und manchmal in guten Kristallen auftritt, häufig Schwefelkies, seltener Kupferkies und Kupferglanz in sehr untergeordneter Menge und in fein eingesprengten Partikeln oder als Anflug, noch seltener Buntkupfererz. Diese und die später zu besprechenden Sangerhäuser Rücken gehören zu den Schwerspat-Nickel-Kobaltgängen und sind weder vom wissenschaftlichen noch vom technischen Standpunkt aus als Kupfererzgänge zu betrachten. Wo die Rücken den Kupferschiefer durchsetzen, kann der gewöhnlich an die untersten Lagen gebundene Metallgehalt die mannigfaltigsten Umlagerungen erfahren haben.

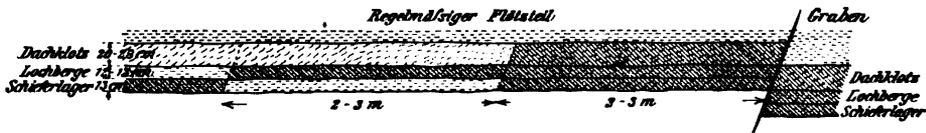


Fig. 94. Ein Spezialfall der Flözveredlung neben einem Rücken. Die dunkle Schraffur zeigt die Erzanreicherung an.

\* Die Metallführung kann 1. ganz unverändert bleiben, 2. sich verringern und in das Hangende wandern, welches auf solche Weise bis in den Dachklotz kupfererzführend wird; 3. sowohl im Kupferschiefer wie im Hangenden kann eine Anreicherung an Kupfer statthaben; 4. der Kupferschiefer wird wohl auch ärmer, ohne daß eine Anreicherung des Hangenden stattgefunden hat.

Manchmal setzt das Flöz im Liegenden eines Hauptrückens nach Gehalt und Struktur völlig unverändert an den letzteren heran, und auch die Flözteile innerhalb des Grabens lassen eine erwähnenswerte Veränderung in der Metallführung weder des Schiefers, noch seines Hangenden erkennen. (Dritter Flözgraben südlich des Eduardschachtes bei Hettstedt.) Häufig aber setzt das Flöz unverändert in Struktur und Gehalt an den Hauptrücken heran und nimmt mitunter erst in unmittelbarer Nähe desselben einen höheren Kupfergehalt an, manchmal aber hat schon im regelmäßigen Flözteil bei der Annäherung an den Hauptrücken eine Verringerung der Erzführung stattgefunden. Die unteren Lagen der Flözteile im Graben behalten entweder ihren Kupfergehalt bei, und trotzdem kann auch das Hangende einige Veredlung zeigen (mitunter aber sind die sonst vorzugsweise erzführenden Lagen verarmt und unbauwürdig geworden und dafür das bis dahin Unbauwürdige kupferreich), oder es tritt der nicht minder merkwürdige Fall ein, daß alle Teile des Flözes gleichmäßig gut und dabei sogar die Dachberge und der Dachklotz noch reichlich kupferführend sind. So verhält sich beispielsweise die Metallführung im Verwurfe *e* der Fig. 93 150 m unter der III. Tiefbaustrecke im Eduardschacht. Sämtliche Schiefer führen hier durchschnittlich nicht unter 5<sup>0</sup>/<sub>100</sub>, die Dachberge 3—4,5<sup>0</sup>/<sub>100</sub>, der Dachklotz

noch 2,8—4<sup>0</sup>/<sub>0</sub> Kupfer. Die Anreicherung der Schichten ist eine um so größere, je rascher die in Treppen und Absätzen hintereinander liegenden Flözteile aufeinanderfolgen. In breiteren Streifen erfolgt die Veränderung nur bis auf eine Entfernung von etwa 20 m von der Störung. Im übrigen lassen sich scheinbar für alle diese Erscheinungen keine Regeln aufstellen.

Die Anreicherung ist eine sekundäre und beruht auf einer Umlagerung des ursprünglichen Kupfergehaltes. Sie fand statt auf Rissen und Klüften, die sich infolge der Störungen bildeten. In der Nähe der letzteren sind die Schiefer und Berge durchzogen von einem Netzwerk dünner Schnürchen und Adern von Kupfererzen. Die in dem Hangenden des ungestörten Flözes vorkommenden Erzkongregationen bestehen aus Schwefelkies. Kupferglanzhicken kommen nur in der Nähe der Rücken vor. Dabei zeigt eine mikroskopische Untersuchung, daß von feinsten Spältechen aus, die selbst mit Kupferglanz erfüllt sind, eine Umwandlung einer Kupferkieshieke zuerst in Buntkupfererz und in den äußeren Teilen in Kupferglanz vor sich gegangen sein kann. Das Innere solcher Hicken besteht deshalb häufig aus Kupferkies, und es ist wahrscheinlich, daß auch dieser durch Kupferzufuhr aus Schwefelkies hervorgegangen ist (s. S. 415).

Sehr bemerkenswert ist übrigens die oft beobachtbare Tatsache, daß die veredelnden Kupfererze in den Gräben bis auf eine Entfernung von etwa 10 m von der Kluft aus Kupferglanz, in einer Breite von weiteren 3—4 m hauptsächlich aus Buntkupfererz und weiterhin auf einige Meter aus Kupferkies zu bestehen pflegen. An die Stelle des letzteren kann endlich Schwefelkies treten.\*

Die Rückengräben sind, sobald innerhalb derselben eine Veredelung der Schiefer stattgefunden hat, die ergiebigsten Teile des Feldes. Manche Rückenteile sind aber auch als unbauwürdig überhaupt außer Abbau gelassen worden.

In der Nähe der Störungen ist der Kupfergehalt mitunter in das Weißliegende gewandert; das so mit Kupferglanz, Kupferkies usw. imprägnierte Gestein wird dadurch zu „Sanderz“. Aus der Betrachtung von Dünnschliffen ergibt sich aber, daß der Erzgehalt der Sanderze keineswegs immer erst später in das Gestein eingedrungen zu sein braucht, sondern häufig wohl schon zur Zeit des Kupferschieferabsatzes darin zum Niederschlag kam. Wo die Rücken Nickelerz führten, war das Rotnickelerz hier und da bis auf eine Entfernung von einem Meter von dem Rücken in Form von Hicken und haselnußgroßen Stücken ohne Begleitung anderer Mineralien in das Nebengestein eingewandert. (Bäumler.)

Die ältesten unsicheren Nachrichten über den Mansfelder Bergbau reichen bis in das XII. Jahrhundert zurück; heute gründet sich auf ihn eines der großartigsten Unternehmungen, nachdem sich die früheren Gewerkschaften im Jahre 1852 zur Mansfeldschen Kupferschieferbauenden Gewerkschaft konsolidiert haben.<sup>1)</sup>

Noch im Jahre 1860 beschäftigte sie 4521 Arbeiter, davon 3634 in den Gruben; jetzt sind es 20000, darunter etwa 16000 beim Bergbau. Damals betrug die Kupferproduktion 1500 t, die Silberproduktion 7820 kg. Seit dem Jahre 1881 haben sich die Erträge der ungeheuren Massenförderung gerade verdoppelt (1902). Die Erzförderung beträgt fast 700000 t, daraus wurden gewonnen: 17201 t Raffinadkupfer, 1548 t Elektrolytkupfer und 98446 kg Feinsilber; außer geringen Mengen an Blei ergaben sich auch 7 t Nickelseise. Etwa

<sup>1)</sup> Siehe „Die Geschichte des Mansfeldschen Kupferschieferbergbaues und Hüttenbetriebes; Festschrift zur Feier des 700jährigen Jubiläums am 12. Juni 1900“.

65 500 Menschen finden ihren Lebensunterhalt durch den Betrieb der Mansfelder Gruben.

Besonders reiche Nickelförderung zeichnete das **Sangerhäuser Revier** aus. Drei große, gleichfalls etwa in der Harzlängsrichtung streichende, je 400 m voneinander entfernte Nickelrücken durchziehen dasselbe. Das Vorkommen des Rotnickelerzes war stellenweise ein massenhaftes; Kobalt war untergeordnet anzutreffen. Kupfererze brachen in den tiefen Bauen selten ein. „Dagegen haben sie sich in der Nähe des Ausgehenden am Moritzschächter Rücken in beträchtlichen Mengen als derber Kupferkies und Kupferglanz gezeigt“ (Bäumler), die mit Malachit, Lasur, Kobalt- und Nickelblüte überzogen waren. Im Gegensatz zu dem Mansfelder Vorkommen ist Schwerspat bei weitem der überwiegende, Kalkspat ein ganz untergeordneter Begleiter der Nickelerze. Der reichste Feldesteil des Sangerhäuser Reviers liegt zwischen zweien jener 400 m voneinander entfernten Rücken.

Zu Sangerhausen, wo der Betrieb 1885 zum Erliegen kam, war auch das Dachflöz von den Rücken aus etwas kupferhaltig; ferner führte dort das Weißliegende in seinen obersten Teilen derben Kupferkies, ein Vorkommen, das man als „gelbe Tresse“ bezeichnete. Auch zu **Rottleberode** fand sich solches Tressenerz unter dem Kupferschiefer als goldglänzende Imprägnation des Weißliegenden. Es hatte dort zeitweise Bergbau statt. Sanderze sind früher auch zu Neustadt bei Ilfeld abgebaut worden und bestehen daselbst aus einem mit Malachit und Kupferlasur imprägnierten Sandstein.

Am Gläserner Berg bei **Hahausen** nächst Seesen fand in den sechziger Jahren des XIX. Jahrhunderts einiger Bergbau auf Kupferschiefer statt. Das ganze Flöz ist etwa 0,25 m mächtig und ließ nach Buchrucker folgende Lagen unterscheiden:

1. Lochen,  $\frac{1}{2}$ — $\frac{3}{4}$  Zoll, feinblättriger, schwarzer, bituminöser Tonmergel.
2. Lochschale, grobblättriger,  $\frac{3}{4}$ —1 Zoll.
3. Kopf,  $2\frac{1}{2}$  Zoll, dichter, grobschieferiger, bituminöser Kalk von rauchgrauer Farbe.
4. Lochberge, 6 Zoll, ähnlich dem vorigen.

Das unmittelbare Liegende des Hahauser Kupferschiefers ist Weißliegendes. Nach Buchrucker enthalten die kupferführenden „Sanderze“ desselben 2<sup>0</sup>/<sub>10</sub>, der Kupferschiefer  $2\frac{1}{2}$  <sup>0</sup>/<sub>10</sub> Kupfer. Das Hangende des Flözes bilden die Plattenkalke des Zechsteins. Die Lagerung des unteren Zechsteins ist bei Hahausen eine sehr gestörte, teilweise sogar überkippte; vom gefalteten Culm ist der Kupferschiefer nur durch das Weißliegende und oberste Rotliegende getrennt.<sup>1)</sup>

Bei Osterode ist das Kupferschieferflöz im Liegenden des Zechsteins aufgeschlossen, ist aber weder hier noch an zahlreichen anderen Punkten des Harzstrandes bauwürdig; der an verschiedenen Stellen versuchte Kupferschieferbergbau hat wegen des geringen Silbergehaltes des Schiefers zu keinem Erfolg geführt (z. B. zu Questenberg, Rottleberode, Ilfeld, Neustadt, Walkenried und Lautenberg). Bei Osterode überlagert der untere Zechstein diskordant und unmittelbar das gefaltete Culmgebirge.

Etwa 8 km von dem Zechsteinsaum des Harzrandes entfernt treten infolge der Dislokation, durch welche die Permtriasmasse der Goldenen Au am Urgebirge des **Kyffhäusers** niedersank, in steil aufgerichteter Lage die kupferführenden Gesteine des unteren Zechsteins wieder zutage. Zahlreiche kleine Schürfe, auch einiges Kupfererz verraten am Nordabhang des Kyffhäusers ihre Anwesenheit. Neuerdings hat man bei Badra wieder Aufschlußarbeiten vorgenommen. Der Kupferschiefer führt als Speise scheinbar vorwiegend Kupferkies.

<sup>1)</sup> Kloos, Jahrb. preuß. geol. Landesanst., 1891, 136—137. — Speyer, Die Zechsteinformation des westlichen Harzrandes; ebenda 1880, 50 ff.

Im sog. Magdeburger Uferrand, d. i. der paläozoische Gesteinszug, der sich bei **Neuhaldensleben** aus dem Diluvium ca. 20 km nordwestlich von Magdeburg heraushebt, tritt auch der untere Zechstein noch einmal zutage, und hier ist auch, etwa 80 km von Mansfeld entfernt, in früherer Zeit Kupferschieferbergbau umgegangen. Das Flöz soll in seinen reicheren Teilen 1,5% Kupfer, jedoch kaum Spuren von Silber enthalten haben, und der zu wiederholten Malen im XVIII. Jahrhundert versuchte Bergbau konnte sich nicht lohnen.

In der Gegend von **Blankenburg**<sup>1)</sup> am östlichen Thüringer Wald liegt der Kupferschiefer über dem „Zechsteinkonglomerat“, das aus Schiefer-, Quarzit- und Quarzgeröllen mit einem kalkigen Bindemittel besteht. Das Zechsteinkonglomerat enthält Beschläge und Einsprengungen von Malachit und Lasur. Darüber folgt zunächst eine 0,2 m mächtige Lage eines dichten, dunklen, bituminösen Kalksteins, dann, 1 m mächtig, ein dünngeschichteter, dunkler, bituminöser Mergelschiefer, der Kupferschiefer. Wie das Zechsteinkonglomerat führen auch diese

letzteren Schichten Pflanzenreste, der Kupferschiefer auch Lingula Credneri. Die bituminöse Kalkbank enthält stellenweise Bleiglanz.

Das Vorhandensein des Kupferschiefers läßt sich dort an zahlreichen

Stellen an den Halden der Versuchsbaue erkennen; er ist kupferführend, war aber nirgends abbauwürdig.

Die in der Blankenburger Gegend unter dem eigentlichen Kupferschiefer liegende bituminöse Kalkbank tritt auch, mit Konglomerat durchmengt, im Liegenden des Kupferschiefers zu **Kamsdorf** bei Saalfeld auf und kann als Vertreterin des Zechsteinkonglomerats betrachtet werden. Das eigentliche Kupferschieferflöz enthält 10—15% Bitumen und ist erzärmer als der liegende Kalkstein, „das Mutterflöz“. Eigenartig ist der Zechstein (im engeren Sinn) entwickelt. Er besteht aus zwei Zonen von Kalken; die untere 5—8 m mächtige zeigt stark bituminöse, dünn geschichtete Platten, „die Hornflöze“, die obere 2—3,5 m mächtige ist mehr licht und mergelig. Zwischen beide Komplexe lagert sich ein 15—30 cm mächtiges, dünnschieferiges, bituminöses, dem Kupferschiefer ähnliches Mergelflöz, das „obere Schieferflöz“, welches einen schwachen Erzgehalt führt. In der oberen Kalkzone endlich finden sich gleichfalls ähnliche aber erzfreie Mergelbänke. Der Erzgehalt des Kupferschiefers hat nie den Abbau gelohnt, der Kamsdorfer Bergbau hatte vielmehr die metasomatischen Eisenerze des Zechsteins und lange Zeit auch die Kupfer- und Kobalterze, welche an die „Rücken“ gebunden waren, zum Gegenstand. Es wird sich späterhin wiederholt Gelegenheit geben, auf diesen Bergbau zurückzukommen (Fig. 95)

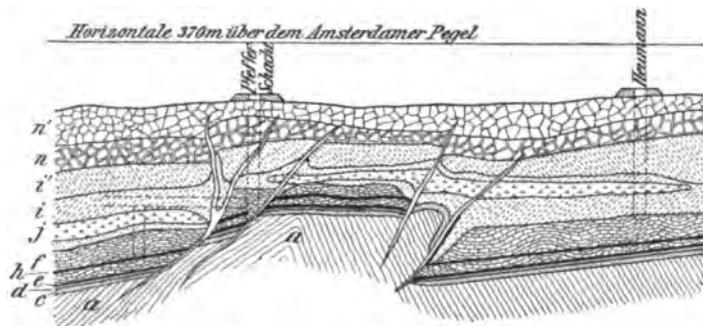


Fig. 95. Profil durch das Erzvorkommen von Kamsdorf (Beyschlag, 1888). a Calm, c Weißliegendes, d Mutterflöz, e—d Zechsteinkonglomerat, e Kupferschiefer, f Zechsteinkalk, h oberer bituminöser Mergelschiefer, i brauner Eisenkalkstein, i' gelber Eisenkalkstein, j obere Eisensteinlager, n brauner Zechsteindolomit, n' gelber Zechsteindolomit. Maßstab 1 : 8200.

<sup>1)</sup> Loretz, Jahrb. preuß. Landesanst., 1889, 222, Lit.

Nach Beyschlag besitzt das Kupferschieferflöz einen geringen Erzgehalt, „der sich nur da, wo Lagerungsstörungen (Aufsattelungen, Rücken oder Verwerfungen) auftreten, erhöht“.

Am nordwestlichen Thüringer Wald ist verschiedentlich Kupferschieferbergbau umgegangen oder versucht worden. Neuerdings hat man solchen wieder zu Schweina-Glücksbrunn aufgenommen, wo gerade so wie zu Riechelsdorf auch Kobalterze auf Rücken einbrechen. Die Ausbildung des Kupferschiefers ist dort dieselbe wie hier; er ruht auf Rotliegendem und Zechsteinkonglomerat. Das letztere ist bis zu einer Tiefe von 5—10 cm mit Kupfererz, und zwar besonders mit Kupferkies imprägniert. Die Mächtigkeit des erzführenden Schiefers schwankt zwischen 10—15 cm; man beobachtet in ihm Kupferkies, Kupferglanz und Buntkupfererz; der Kupfergehalt beträgt ungefähr 1,5% und sowohl im Sanderz wie im Schiefer sind durchschnittlich 0,015% Silber vorhanden. Die Menge des letzteren scheint in einem festen Verhältnis zu dem jeweiligen Kupfergehalt zu stehen. Blei, Kobalt und Nickel scheinen in den normalen Erzen zu fehlen, Kobalt tritt aber in unmittelbarer Nähe der Rücken im Sanderz wie im Schiefer auf; der Zinkgehalt beträgt 0,03—0,05, der Arsengehalt 0,2—0,3%, ist aber scheinbar kein gleichmäßiger. Gold konnte nachgewiesen werden (1 g pro t). Die das Kupferschieferflöz durchsetzenden, sehr zahlreichen Rücken streichen NW.—SO. und bilden „Rückengraben“. Ihre Entfernung beträgt 10—100 m, ihre seigeren Verwurfhöhen wenige Zentimeter bis gegen 15 m. Bezüglich der Erzführung dieser Spalten mag hier nur erwähnt werden, daß dieselbe aus vorwaltendem Schwerspat mit Speiskobalt und Kobaltblüte besteht, Kupfererze indessen zu fehlen scheinen; eine weitere mineralogische Kennzeichnung wird in dem Abschnitt über die Gangformationen gegeben werden. Bemerkenswert ist, daß Kupferschiefer und Sanderz in einem 5—10 m breiten, die Rücken begleitenden Streifen auch hier eine Anreicherung des Kupfers erfahren haben.

Von Schweina aus erstreckt sich das Kupferschiefervorkommen über Kupfersuhl in die Gegend von Riechelsdorf in Hessen. Übrigens hat man auch an anderen Orten des Thüringer Waldes Kupferschieferbergbau getrieben, so zu Ilmenau, in Schmalkalden, zu Brotterode, zu Sontra usw.

In der nordwestlichen Fortsetzung des Thüringer Waldes tritt etwa in der Mitte zwischen Bebra und Eisenach unter dem Buntsandstein das Dyasgebiet von Riechelsdorf in Hessen hervor. Der Kupferschiefer liegt als ein ausgezeichnet charakterisierter Horizont über dem Weißliegenden („Grauliegendes“) und ist äußerst bituminös und reich an Fischresten, weniger reich an Ullmannien. Ein Erzgehalt ist stets vorhanden, wenn auch in weiten Feldern, wie im Hohenstüßer Revier, so gering, daß die Schiefer nicht schmelzwürdig gewesen sind. Wie bei Mansfeld tritt er vorzugsweise als „Speise“ auf, die aus Kupferkies, Buntkupfererz, angeblich auch aus Kupferfahlerz besteht. Daneben sind auch Schwefelkies, Bleiglanz und stellenweise recht reichlich Zinkblende zu bemerken. Rotnickelkies ist untergeordnet vorhanden und mag wohl stets von den nickel-erzführenden Rücken herkommen. Wie im Mansfeldschen kann man auch hier die Sulfide auf Klüften und als Überzug auf den Schichtflächen beobachten; der hauptsächlichste Metallgehalt ist aber stets in der Speise enthalten. Alle Schichten des Kupferschieferkomplexes sind etwas erzführend; aber nur die untersten, zusammen etwa 15 cm mächtigen Lagen waren bauwürdig, die oberen 25—40 cm dicken „Streben“ unbauwürdig. Auch zu Riechelsdorf galt die Erfahrung, „daß die Dichtigkeit des Gefüges und der Gehalt an Bitumen und Metallen“ vom Liegenden zum Hangenden abnimmt.“ (Graßmann.)

Der mittlere Kupfergehalt der schmelzwürdigen Kupferschiefer betrug  $1\frac{1}{2}$ —2%; das gewonnene Kupfer war silberfrei. Auch zu Riechelsdorf kommen Sanderze vor, indem das Weißliegende 2—3 cm tief mit Kupfererzen, vorzugsweise mit Kupferkies und Buntkupfer imprägniert ist; dabei läßt sich keinerlei

Beziehung zwischen dem Erzgehalt des Schiefers und seines Liegenden nachweisen. (Heuser.)

Die Störungen des Riechelsdorfer Kupferschiefers bestehen vorzugsweise in Flexuren und in Verwerfungen, welche letztere auch hier teilweise zur Bildung von Kobalt-Schwerspatgängen Veranlassung gegeben haben. Waren die Spalten nicht mit Erz ausgefüllt, so wurden sie als „Veränderungen“ bezeichnet. Die Erzführung der Rücken bestand aus Schwerspat, Kalkspat, Anhydrit, Quarz, Braunspat, Dolomit, Speiskobalt, Rotnickelkies und Chloanthit. Höchst untergeordnet waren Bleiglanz, Schwefelkies und Kupferkies; Heuser erwähnt auch Kupferfahlerz. Die Erze fanden sich ganz allgemein nur bis zu 2 m über und bis zu 6 m unter dem Kupferschiefer, wiewohl die Schwerspatführung nach der Tiefe anhielt und mitunter sehr mächtig wurde. Nur ganz selten traf man die Nickelerze noch bis zu 60 m tief unter dem Flöze an.

Die erzerfüllten Gänge pflegten ganz allgemein den Reichtum des Flözes zu verringern, taube Klüfte erhöhten ihn. Über erstere sagt Heuser: „Ausgezeichnete (als die mechanischen) sind die chemischen Veränderungen des Nebengesteines in der Nähe der Gänge. — Seine Mischung wird hier auf zweierlei Weise hauptsächlich verändert, indem es entweder Bestandteile der Gangmasse aufnimmt, oder indem ihm hier einige seiner gewöhnlichen Gemengteile fehlen, oder endlich auch wohl, indem beide Fälle zugleich eintreten.

„Die erstere Art der chemischen Veränderung des Nebengesteines in der Nähe der Gänge findet sich sehr häufig, fast durchgehends an den Stellen, wo die Gänge . . . Anbrüche von Speiskobalt führen. Hier ist das Nebengestein in der Nähe fast immer so stark mit Kobaltminern durchdrungen, daß es mit gewonnen und auf den Poch- und Waschwerken zugute gemacht wird. Kobaltblüte ist oft unter den eingesprengten Minern allein für unbewaffnete Augen sichtbar, hin und wieder, wie z. B. auf der Wilhelmsburg im grauen Liegenden, auch Kobaltschwärze; aber daß auch Speiskobalt sich auf diese Weise eingesprengt finde, beweist der Schliech, der aus diesen sog. Pocherzen gewonnen wird. Dergleichen Einsprengungen von Kobaltminern im Nebengesteine finden, wie schon erwähnt, neben den Stellen statt, an welchen die Gänge Kobaltanbrüche führten, und erstrecken sich zuweilen wohl an ein Lachter (= 2 m) weit vom Gange ab. Sie sind im grauen Liegenden und im Zechsteine am gewöhnlichsten, seltener im roten Liegenden. Der Zechstein pflegt in diesem Falle wohl mit dem besonderen Namen von Zechsteinkobalt, sowie das graue Liegende mit dem von Flözkobalt belegt zu werden. Die Kobaltblüte, welche im Zechsteine zuweilen schon sehr strahlig ausgesondert ist, zeigt gewöhnlich das Vorhandensein von dergleichen Einsprengungen an, wo aber sie sich nicht findet, erkennt man dieses auch schon an dem arsenikalischen Geruche beim Zerschlagen. — Außer den Kobaltminern habe ich auch noch den Schwefelkies als Einmengung im Nebengesteine, in der Nähe des Kobaltrückens Wilhelm Kurfürst, gefunden. Diese Einsprengung war im grauen Liegenden, in der Nähe eines reichen Anbruches von Speiskobalt, auf eine Entfernung etwa einen Zoll in das Nebengestein hinein, an einzelnen Stellen deutlich sichtbar, und war ganz in der Nähe des Ganges am stärksten. — Auch Gangarten nimmt das Nebengestein hin und wieder, doch wohl nicht so häufig als Minern, in seine Mischung auf. So ist namentlich das Liegende an den Stellen, wo die Gänge . . . fast mit ihm verwachsen sind, auf geringe Erstreckungen oft deutlich mit Baryt oder mit derbem gemeinem Quarz durchdrungen. Auch das Vorkommen von schmalen Lagen von Baryt im Zechsteine und bituminösen Mergelschiefer parallel mit deren Schichtungsrichtung in der Nähe des ersten Hohensüßer (sc. Rückens) und des ersten Kobaltrückens in Schneidemüllers Graben dürfte wohl hierhin zu zählen sein.“

„Die andere Art der chemischen Veränderung, eine Entziehung gewöhnlicher Gemengteile, zeigt das Kupferschieferflöz in der Nähe

der Gänge häufig. Seine gewöhnlichen Einmengungen von Kupferminern sind ihm in verschiedenem Grade, zuweilen fast vollständig, in der Nähe der meisten kobaltführenden Gänge auf größere oder geringere Entfernungen entzogen. Zuweilen ist die Entfernung von den Gängen, in welchen das Kupferschieferflöz seine Edelkeit wieder erhält, nur sehr gering, zuweilen ist aber der Einfluß der Gänge auf die Edelkeit der Kupferschiefer so bedeutend, daß ganze Felder von diesem, da wo mehrere beträchtliche Gänge aufsetzen, unschmelzwürdig sind. Der letzte Fall findet namentlich im ganzen nördlichen Teile des Hohenstifter Revieres statt, dagegen dessen südlicher Teil, der nur unbedeutende Wechsel hin und wieder führt, schmelzwürdige Schiefer liefert. Die Kupferminern führenden kleinen Gänge zeigen zuweilen ein ganz ähnliches Verhalten, eine Verunedelung der Schiefer in ihrer Nähe, zuweilen finden sich aber auch umgekehrt gerade in ihrer Nähe vorzüglich reiche Schiefer.“

Bei **Albungen a. d. Werra**<sup>1)</sup> ruht Zechsteinkonglomerat mit dem darauffolgenden Kupferschiefer und Zechstein unmittelbar auf der Grauwacke und auf Tonschiefern. Sanderze enthalten Kupfer spurenweise und bis zu 4<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, zumeist in fein verteiltem Kupferkies, nebensächlich auch als Kupferglanz und Buntkupfererz. Der Kupferschiefer hat ähnliche Ausbildung wie zu Mansfeld; die reichere, liegende Schicht ist auch hier 10—15 cm mächtig, nach oben zu nimmt der Bitumengehalt ab. Die ca. 30 cm mächtigen „Oberberge“ erinnern an die Mansfelder Kammschale. Der Kupfergehalt des Schiefers kann bis zu 4<sup>0</sup>/<sub>0</sub> betragen, in manchen Zonen des Flözes fehlt er aber fast ganz; auch ein Silbergehalt ist nachgewiesen worden. Ein Abbau besteht zu Albungen seit den 1850er Jahren nicht mehr; die Kupfergewinnung in jener Gegend reichte aber sicherlich bis ins Mittelalter zurück.

Ähnlich dem Vorkommen von Albungen ist das von **Allendorf-Soden a. d. Werra**. Andere Kupferschieferbergbaue haben in früher Zeit zu Ober- und Niederöllnbach a. d. Fulda bestanden.

Am nordwestlichen Abhang des Spessart tritt an zahlreichen Stellen die Zechsteinformation unter dem Buntsandstein zutage. Über dem Zechsteinkonglomerat liegt allenthalben der „Kupferletten“, der „sowohl nach seiner geologischen Stellung als in seiner Erzführung dem Kupferschiefer in Thüringen und am Harzrande vollkommen entspricht“ (Bücking). Diese Kupferletten sind als erzführendes Gestein von Aschaffenburg bis in die Gegend von Gelnhausen an zum Teil mehrere Stunden weit auseinanderliegenden Orten bekannt geworden, und Kupferschieferbergbau ist in der ganzen Gegend umgegangen, so vor allem zu **Bieber**, südöstlich von Gelnhausen, zu Haingründau, nordwestlich von dort, ferner zu Großkahl und Huckelheim, bei Großenhausen, Altenmittlau, Bernbach und Altenhaßlau. Der Kupferletten, der nur an einzelnen Stellen gar nicht entwickelt ist, wird von wenigen Dezimetern bis zu 2 m mächtig und tritt bei Aschaffenburg gerade so auf, wie bei Gelnhausen. Es ist ein zäher, bituminöser Ton, mit einem meistens geringen, indessen auch bis zu 20<sup>0</sup>/<sub>0</sub> steigenden Kalkgehalt. Nur in frischem Zustand zeigt er deutliche Schichtung und bläulich- oder bräunlich-schwarze Farbe. Ist er kalkreicher, so „verhärtet“ er, wird er schieferiger, so heißt er bei den Bieberer Bergleuten Kupferschiefer. „Den verschiedenen Arten des Kupferletten gemeinsam ist die Erzführung. Silberhaltiges Fahlerz, Bleiglanz und Kupferkies kommen sowohl fein und gleichmäßig verteilt, als in nuß- bis faustgroßen, derben Stücken und 1—50 mm breiten Adern und Trümmern vor, welche das Gestein nach allen Richtungen durchsetzen und zuweilen noch Kalkspat und Schwespat neben den Erzen führen. Nur der sog. „Kupferschiefer“ enthält viel häufiger größere Erzknollen als fein durch die ganze Masse verteilte Erzpartikel.“ (Bücking.)

<sup>1)</sup> Briefliche Mitteilungen des Herrn Bergingenieurs Kretschmann an Bergeat.

Über eine allenfallsige Beeinflussung des Kupfergehaltes im Flöz durch die Rücken sagt Bücking wörtlich: „Nach Ludwig (Geinitz, Dyas, II, 255) sollte man denken, die Erzführung des Kupferletten sei abhängig von seiner Lagerung, sie sei in Mulden und in Gräben beträchtlicher als auf den dazwischenliegenden Sätteln oder Rücken. Doch ist das nach den genaueren Untersuchungen, welche s. Z. in Bieber zwecks Wiederaufnahme des Kupfer- und Silberbergbaues angestellt wurden, nicht der Fall, eine Regelmäßigkeit in dem Auftreten der erzreichen und erzarmen Letten hat nicht auffindig gemacht werden können. Richtig ist nur, was auch schon Cancrin und Wagner angeben und Ludwig später bestätigte, daß das Flöz häufig Sättel und Mulden macht und daß es von Kobaltgängen und von tauben oder mit Letten und Mergel ausgefüllten Klüften oft durchsetzt und mehr oder weniger verworfen wird. Auch eine Verringerung oder Vermehrung des Erzgehaltes des Kupferlettenflözes in der Nähe der Kobaltgänge hat nicht nachgewiesen werden können; nur in der unmittelbaren Nachbarschaft der Gänge hat man zuweilen Nester von Speiskobalt und gediegen Wismut im Kupferletten angetroffen.“

In kleinen rundlichen und länglichen Drusen kommen übrigens innerhalb des verhärteten Lettens und des Kupferschiefers Braunspat, Schwerspat, Gips, Fahlerz, Buntkupfererz, Arsenkies, Antimonglanz und Wismutglanz vor.

Auf dem Kupferlettenflöz hat man vor allem bei Bieber mehrere Hundert Jahre lang bis zum Anfang des XIX. Jahrhunderts Bergbau getrieben, dessen Gegenstand Kupfer und Silber gewesen sind. Zuletzt versuchte noch die bayerische Regierung von 1823—1835 eine Gewinnung von Kupfer, Silber und Blei bei Großkahl und Huckelheim. 8 bis 14 Ztr. Letten oder 20—30 Ztr. Schiefer haben zu Bieber durch Waschen 1 Ztr. Schliech mit 4—5 Pfund Kupfer, bis 10 Pfund Blei und 1—1½ Lot Silber gegeben. An anderen Orten war der Erzgehalt noch geringer. Ein recht wichtiger Bergbau ging von der Mitte des XVIII. bis in die 60er Jahre des XIX. Jahrhunderts zu Bieber und Huckelheim auf den Kobaltrücken um, über welche später zu sprechen sein wird. Ebenso müssen an anderer Stelle die im Zechstein von Bieber auftretenden, heute noch bearbeiteten metasomatischen Eisensteinlager beschrieben werden.

Fast 40 km vom Thüringer Wald entfernt hat man im Jahre 1900 gelegentlich einer Tiefbohrung bei Mellrichstadt in Unterfranken den Kupferschiefer in 1039 m Teufe unter dem unteren Muschelkalk erbohrt. Der Kupfergehalt des Schiefers ist nur ein ganz geringer. Die Zusammensetzung des letzteren ergibt sich aus folgender Analyse A. Schwagers:

SiO <sub>2</sub> . . . . .	35,14	MgO . . . . .	4,54	Organisches . . .	6,25
TiO <sub>2</sub> . . . . .	1,24	K <sub>2</sub> O . . . . .	3,82	H <sub>2</sub> O . . . . .	3,22
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	14,36	Na <sub>2</sub> O . . . . .	2,22	Fe . . . . .	1,32
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	2,20	Li <sub>2</sub> O . . . . .	Spur	Zn . . . . .	0,31
MnO . . . . .	1,36	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0,24	Cu . . . . .	0,01
CaO . . . . .	10,32	CO <sub>2</sub> . . . . .	12,10	S . . . . .	1,67
					<hr/> 100,32

Der in Westfalen mit den Gladbecker Kohlschichten durchteufte bituminöse Mergel des Kupferschieferhorizonts ist kupferfrei wie auch der in der Gegend von Osnabrück auftretende. Dagegen enthalten Proben des letzteren ziemlich reichliche Einsprengungen von Bleiglanz und deutliche Mengen von Silber.<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Nach verschiedenen im Clausthaler Laboratorium von Dr. Thiel vorgenommenen Untersuchungen beträgt der Silbergehalt des Schiefers zwischen 0,0003 und 0,001 %. Der in England den deutschen Kupferschiefer vertretende „marlslate“ gilt gleichfalls als erzfrei.

## b) Die kupferschieferähnlichen Flöze Niederschlesiens.

In Niederschlesien lassen sich Zechsteinschichten vom Willmannsdorfer Hochberg bis in die Gegend von Görlitz, also etwa 70 km weit verfolgen; von Hasel, südöstlich von Goldberg, bis an die Queiß ist im unteren Zechstein eine Kupfererzführung bekannt. Das hauptsächlichste Vorkommen liegt östlich und westlich der Katzbach bei Goldberg und im besonderen nahe den Orten Neukirch, Polnisch Hundorf, **Konradswaldau**, **Hasel** und Prausnitz. Während an anderen Orten, so z. B. am Gröditzberg, das Kupfer im Kalkstein auftritt, ist es hier auch gebunden an eine Anzahl von Mergelschieferflözen, welche als Kupferschieferflöze bezeichnet wurden.

Das Liegende des unteren Zechsteins bildet das Rotliegende, welches zu Niederschmottseifen Malachit und Lasur auf Kluft- und Schichtflächen und in Gestalt rundlicher Graupen enthält; Melaphyre und Quarzporphyre sind in dasselbe eingelagert. Die Zechsteinformation bildet bei Hasel eine gegen Westen offene, etwa 10 km lange Mulde; da die Schichten nur 5—20° einfallen, so liegt das Muldentiefste nur etwa 170—180 m unter der aus Buntsandstein und teilweise noch aus Muschelkalk und Quadersandstein bestehenden Oberfläche. Der hauptsächlichste Kupferbergbau ist bei Hasel auf der östlichen Muldenwendung umgegangen. Man baute dort auf sieben Mergelschieferlagen, deren schwankende Mächtigkeit zusammen 0,75—1,1 m betragen haben mag. Sie wurden durch sechs Kalksteinzonen von etwa 1,6 m Gesamtmächtigkeit geschieden. Dolomitbänke des oberen Zechsteins bilden das unmittelbare Hangende des Komplexes. Der Erzgehalt scheint sowohl dem Kalkstein wie dem Mergelschiefer, ganz besonders indessen dem letzteren eigentümlich zu sein; sichtbar ist zunächst nur Kupferlasur und in den Schiefen auch Malachit auf Spaltflächen. Die Kalksteine enthalten nach zwei Proben 1,03—1,58% Kupfer und 0,002% Silber, die Mergelflöze im Gesamtdurchschnitt 1,64% Kupfer und 0,005% Silber, d. i. 244 g Silber auf 100 kg Kupfer (Fürer). Indessen steigt der Kupfergehalt in einzelnen Proben bis zu 2,16%. Das ursprüngliche Erz der Schiefer ist Kupferglanz. „Die Ausscheidung von kohlen-sauren Verbindungen des Kupfers auf den Schichtungs- und Spaltungsflächen der Schiefer hat oft durchaus nicht in dem Maße stattgefunden, daß der in den Schiefen aufgefundene Kupfergehalt auf jene allein zurückgeführt werden könnte.“ Die verwitterten Schieferstücke zeigen manchmal einen dunklen, scheinbar erzfreien Kern, der sich erst, wenn er selbst verwittert, als kupferführend zu erkennen gibt, vorher aber für taub gehalten werden könnte. Selbst mittels der Lupe ist aber das Sulfid nicht zu erkennen (Fürer). „Eigentümlich erscheint, daß gerade die intensiv gefärbten Partien die niedrigsten Prozentsätze zeigen, und daß der Silbergehalt an mikroskopisch sichtbare dunkle Partien in der Grundmasse, welche voraussichtlich Kupfer in geschwefeltem Zustande enthalten, gebunden erscheint“ (v. Festenberg-Packisch). Die Schiefer sind so eisenhaltig, daß sie bei der Verschmelzung Eisensauen ergaben, welche überdies bis 4% Nickel und Kobalt, ferner ein wenig Phosphor und Arsen enthielten und wegen des Nickels nach England verkauft wurden.

An einer Stelle werden die Flöze von Basalt durchbrochen, ohne daß diese Erscheinung zu besonderen Wahrnehmungen Anlaß gäbe; „eine Erzanreicherung in der Nähe von Klüften und Verdrückungen ist bis jetzt noch nicht beobachtet worden“ (Fürer). Der Bitumengehalt der Schiefer ist nur ein geringer.

Auch an anderen Orten hatte auf jener „Kupferschiefer“-Mulde ein recht lebhafter Bergbau stattgefunden, wie besonders die zahlreichen Pingen auf dem Südfügel derselben zeigen. Zu Hasel allein waren von 1879—1881 40897 t Schiefer verschmolzen und 552,6 t Kupfer gewonnen worden. Während der 17 Jahre der letzten, 1883 erloschenen Betriebszeit haben die Gruben nach

Fürer etwa 1100 t Kupfer und 3437 kg Silber aus 85000 t Schiefer produziert. Schon im XVI. Jahrhundert war in der Gegend von Hasel auf Kupferschiefer gebaut worden.

c) Die Kupfererzführung des oberen deutschen Zechsteins.

Am Ostrande des rheinischen Schiefergebirges sind Zechsteinbildungen in einer langen, von Stadtberge an der Diemel bis in die Gegend von Gießen sich hinziehenden Zone bekannt. Am besten ist die Umgebung von **Frankenberg** an der Edder untersucht, wo in früherer Zeit Kupferbergbau umgegangen ist. Das dortige Perm ist so sehr verschieden von der Ausbildung dieser Formation in Mitteldeutschland, daß eine völlige Parallelisierung seiner Schichten mit jenem noch nicht gelungen ist. Denckmann gliedert das Frankenger Perm folgendermaßen:

1. Ältere Konglomerate.
2. Das Flöz des Stätebergs.
3. Die permischen Sandsteine mit den Geismarer Kupferletten.
4. Die jüngeren Konglomerate.

Kupfererze finden sich im Flöz des Stätebergs und im Geismarer Kupferletten.

Die älteren Konglomerate und das Stätebergflöz sind innig miteinander verbundene Gebilde, letzteres ist nur ein kalkiger Vertreter der ersteren. Die Konglomerate liegen auf dem gefalteten, vorwiegend aus Culm bestehenden Grundgebirge, enthalten nur zum Teil wirkliche Gerölle, und auch diese befinden sich wohl auf dritter Lagerstätte und sind durch Aufbreitung älterer Konglomerate entstanden; zum anderen Teil bestehen sie aus nur ganz wenig gerundeten Fragmenten zumeist von Culmgesteinen. Ihr Bindemittel ist kalkig oder kalkig-dolomitisch, ihre Farbe rotbraun. Diese Konglomerate besitzen vor allem am linken, nordwestlichen Edderufer gegenüber Frankenberg eine weitere Verbreitung. Über ihnen liegt lokal, und zwar fast nur am linken Edderufer, eine stellenweise 8 m mächtige Masse von grauen oder gelblich-grauen Kalken, dolomitischen Kalken, Mergeln, Tonen und Kalksandsteinen; stellenweise enthalten die Kalksteine auch Gerölle. Dieses erzführende Stätebergflöz ist also schon petrographisch als ein Gebilde seichter See gekennzeichnet. An Perm-Versteinerungen finden sich darin Steinkerne von Schizodus und Pleurophorus costatus, ferner die später noch zu erwähnenden Pflanzenreste. Die kalkige Ausbildung dieses unteren Horizonts kann sich mehrfach in vertikaler Richtung wiederholen, so daß mehrere erz- und versteinerungsführende Zonen, allerdings z. T. nur von ganz geringer Mächtigkeit, zu beobachten sind.

Über dem Stätebergflöz ruhen rotbraune, konglomeratführende Sandsteine von mindestens 70 m Mächtigkeit. Sie enthalten untergeordnete Einlagerungen von lichten Kalken und Letten, welch' letztere durch das Vorkommen von grauen oder rötlichen Kalkkonkretionen ausgezeichnet sind und gleichfalls Pflanzenreste in besonders großer Menge enthalten; es sind das die als Frankenger Kornähren, Stangengraupen, Fliegenfittiche usw. bekannten Reste der *Ullmannia Bronni*. Stellenweise sind sie erzführend und als die Geismarer „Kupferletten“ abgebaut worden. Die Hauptverbreitung dieser Kupferletten fällt in das Gebiet von Geismar, etwa 5 km ONO. von Frankenberg. Nach Denckmann deuten die Beobachtungen darauf hin, „daß da, wo die Erze bereits an die kalkigen Sedimente des Stätebergflözes resp. an die darin auftretenden organischen Reste (s. u.) gebunden wurden, die im permischen Sandstein auftretenden kalkigen Sedimente (= Äquivalent der Kupferletten von Geismar) nicht mehr erzführend sind“. Im Gebiet von Frankenberg sind die Kupferletten

recht spärlich; die kalkigen Einlagerungen über dem Stätebergflöz keilen sich nach Westen zu aus. Die bereits sehr verwickelten Verhältnisse werden noch dadurch komplizierter, daß die Permablagerungen auch hier übergreifende Lagerung, verursacht durch eine zunehmende Ausdehnung des Permmeeres, zeigen. So liegen im Gebiet von Geismar die Kupferletten und permischen Sandsteine unmittelbar über dem gefalteten Culmgebirge. Im Hangenden der permischen Sandsteine mit ihren Kalk- und Lettenlagen ruhen die jüngeren Konglomerate, welche von den älteren durch die fast durchgehende Abrundung ihrer manchmal an Flußgeschiebe erinnernden Gerölle unterschieden sind. Sie bilden vielleicht den Übergang in die Buntsandsteinformation. Das Frankenberg Perm, welches nach Denckmann höchst wahrscheinlich dem oberen Zechstein angehört, läßt eine Gliederung in scharf getrennte Horizonte nicht zu; man wird als wichtig hervorheben müssen, daß die Kupfererze zwar in verschiedenen Horizonten auftreten können, allerdings mit der vorhin von Denckmann wörtlich übernommenen Einschränkung.

Über die mineralogisch-bergmännische Seite des Vorkommens hat G. Württemberg eine sehr genaue Darstellung gegeben, deren geologische Ausführungen allerdings heute nicht mehr zutreffend sind. Der Erzgehalt ist beinahe durchgängig an Pflanzenreste gebunden und imprägniert diese. Die im Letten und im Kalk auftretenden Pflanzenteile sind entweder in pechkohlenartige Massen („eigentliche Kohlengraupen“) oder in faserige Kohle („gebrannte Kohlengraupen“), sehr selten auch in Kalkstein („versteinerte Holzgraupen“) umgewandelt. Häufig aber sind sie ganz vererzt. Selbst die Kohlengraupen sind stets mit Erz imprägniert. Das Erz besteht aus Kupferglanz, seltener aus Kupferfahlerz, Kupferkies, Buntkupfererz, sehr selten soll auch Rotgiltigerz beobachtet worden sein. Silberhaltiger Kupferglanz tritt manchmal vollständig an Stelle der Kohle, auch kommen geringe Mengen von gediegen Silber vor. Schwefelkies und als Umwandlungsprodukte Malachit und Kupferlasur, selten auch Rotkupfererz, sind gleichfalls gefunden worden. Die genannten Erze sind ferner auf den Absonderungsklüften der Letten anzutreffen. „Auffallend“ ist nach Württemberg „die starke Zertrümmerung der Pflanzenreste, welche übrigens am Holze und nicht erst nach der Vererzung desselben stattgefunden hat“. Da die Kupferletten verwaschen wurden, zeigen die vererzten Pflanzenreste in den Sammlungen einige Abrundung, während sie, wenn sie frisch aus der Flözmasse genommen werden, ganzrandig und wohl erhalten sind. Ein Ullmannienrest, der 1813 aufgefunden worden ist, war 20 Zoll lang, 13 Zoll breit und 3 Zoll dick, bestand aus reiner, mit Kupferglanz reichlich durchwachsender Kohlenmasse und wog 30 Pfund. Meistens aber sind die „Graupen“ kaum einen Zoll lang. Der Erzgehalt ist in ein und demselben Flöz recht ungleichmäßig verteilt. Zwischen 1809 und 1813 wurden aus den Flözen aller Frankenberg Reviere durchschnittlich 3,15% Erze gewaschen; der Kupfergehalt der Flözmasse betrug durchschnittlich 0,572%, der Silbergehalt 0,001134%. Man förderte 1692 73734 Kübel Roherz zu 74—92 Pfund, 1695 89977, 1789 bis 1798 durchschnittlich im Jahre 55243, 1799—1808 durchschnittlich 24995, 1809—1818 durchschnittlich 32484 Kübel.

Nach Denckmann sind die Frankenberg Zechsteinbildungen nicht, wie man das wohl vordem annahm, in einer ihrer jetzigen Verbreitung entsprechenden Bucht zur Ablagerung gekommen, sondern es sind Überreste einer weiten Zechsteindecke, die hier im Winkel zwischen zwei NW.—SO. und SW.—NO. streichenden Bruchzonen in das Niveau älterer Massen abgesunken sind. So hatte denn auch der Bergbau durch bis zu 70 m betragenden Verwerfungen zu leiden, welche auch hier „Rücken“ genannt werden. Die Spalten setzen noch in den Buntsandstein hinein, sind bis zu 4 m mächtig, mit Sandsteinmasse ausgefüllt und führen innerhalb dieser Trümmer von Schwerspat. Eine solche Störung konnte bewirken, daß von ganz benachbarten Revieren zu beiden Seiten

derselben das eine auf dem Stätebergflöz, das andere auf den Geismarer Kupferletten baute. Überschiebungen kommen noch häufiger vor als Verwerfungen. Über einen Erzgehalt der Rücken ist nichts bekannt geworden.

Der Bergbau wurde 1594 begonnen und kam 1818 zum Erliegen. 1856 und 1874—1879 hat man erfolglose Versuche gemacht, ihn wieder aufzunehmen.

Nach Drevermann sind neuerdings auch bei Wehrshausen nahe Marburg, ca. 25 km südlich von Frankenberg, die Geismarer Kupferletten als hellgrünlich-graue und rötliche, schieferige Letten mit massenhaften „Fliegenfittichen“, reichlich imprägniert mit Malachit, nachgewiesen worden. Nach ihren petrographischen Eigenschaften sind Handstücke von Wehrshausen und Frankenberg nicht zu unterscheiden. Die Letten sind etwa 4 m mächtig und werden von Sandsteinen ganz ähnlich den „permischen Sandsteinen“ bei Frankenhäusen begleitet. Echter Buntsandstein steht schon 2 m über diesen Letten an. Auch zu Leitmar bei Stadtberge, 40 km nördlich von Frankenberg, hat man einmal „Kupferletten“ abgebaut, welche die größte Ähnlichkeit mit denjenigen von Geismar besitzen. Ihre stratigraphische Stellung ist noch nicht ganz sicher; es muß hier genügen, daß sie gleichfalls im Zechstein vorkommen. Bei der Grube Frederike am Bilstein bei Stadtberge, welche übrigens auf die früher besprochenen, den Culmschiefern eingelagerten Kupfererze baut, tritt kupferführender Zechstein auf, der früher Gegenstand eines Bergbaues gewesen ist. Der Zechstein liegt über dem gefalteten Culm. Er wechselt nach Buff<sup>1)</sup> in vielfacher Wiederholung mit  $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$  Zoll mächtigen Flözen von bituminösem, bräunlich-grauem „Kupferschiefer“; sie sind mit Malachit und Kupferlasur durchsprengt und enthalten schmale Schichten von rotem Letten. Die Zahl und Mächtigkeit der Flöze schwankt; es sind ihrer 10—30, die sich oft verdrücken und bald in den höheren, bald in den tieferen Partien am reichsten sind. Sie waren von drei „Rücken“ durchsetzt, welche mit Bruchstücken des Nebengesteines erfüllt waren und Kupfererze führen, solange sie den kupferhaltigen harten Culmschiefer im Liegenden durchsetzen. Die Erzführung dieser Spalten, die jetzt noch Gegenstand des Stadtberger Bergbaues ist,<sup>2)</sup> beginnt also erst unter dem Zechstein, doch war der Kupfergehalt des letzteren in ihrer Nähe ein besonders hoher von 5—6<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, während er an den unbauwürdigen Stellen nur 1—1,5<sup>0</sup>/<sub>0</sub> erreichte. Ein Bergbau auf Zechsteinkupfererze hat früher auch zu Thalitter an der Waldeck'schen Grenze stattgefunden. Die sulfidischen und oxydischen Erze kamen in 20—70 3—6 cm mächtigen Mergelflözchen vor; die obersten derselben führten Pflanzenreste.

Nach Dames<sup>3)</sup> sind auf der Helgoländer Hauptinsel die unteren, vorzugsweise aus rotbraunen, dickbankigen Tönen bestehenden Schichten, welche er für Zechsteinletten hält, kupferführend. Die Erze sind Rotkupfererz, Ziegelerz, Kupferglanz und gediegen Kupfer. Der Letten der Seehundsklippen, ca. 2 km östlich von Helgoland, ist nach Bolton<sup>4)</sup> gleichfalls kupferführend, und zwar mit Karbonaten imprägniert. Der Kupfergehalt beträgt 0,053<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, reichere Partien enthielten sogar 9,96<sup>0</sup>/<sub>0</sub>; Buntkupfererz, Rotkupfererz und auch Eisenkies, letztere in kuchenförmigen Konkretionen, sollen dort vorkommen.

Ferner sind nach Dames<sup>5)</sup> die Zechsteinletten von Lieth bei Stade und Schobüll bei Husum durch Kupfer grün gefärbt.

<sup>1)</sup> Akten des k. Oberbergamts zu Bonn.

<sup>2)</sup> Siehe S. 344.

<sup>3)</sup> Sitzungsb. preuß. Akad. d. Wissensch., 1893, 1019—1039, bes. 1021—1023.

<sup>4)</sup> Dinglers polyt. Journ., CCLXXX, 276; zitiert Ztschr. f. prakt. Geol., -1894, 160.

<sup>5)</sup> l. c. 1023.

\* Die Entstehung der kupferführenden Zechsteinablagerungen. Überblickt man die deutschen Kupferlagerstätten der Zechsteinformation, so ergeben sich folgende gemeinsame Kennzeichen:

1. Sie finden sich alle in Ablagerungen sehr seichter See, meistens in Mergeln, fast nie in Sandsteinen und Konglomeraten.

2. Sie sind fast immer gebunden an das Vorkommen organischer Substanzen tierischer oder pflanzlicher Herkunft.

3. Im allgemeinen ist der Erzreichtum am größten in den liegenden Partien der kupferführenden Komplexe.

4. Die in ihnen vertretenen Metalle sind außer Kupfer vor allem Zink und Blei, stellenweise auch mehr oder weniger auffällige Mengen von Silber (Mansfeld, Bieber, Frankenberg, Hasel und Conradswaldau).

5. Die mit den Kupfererzen auf den Gängen einbrechenden Mineralien, Schwerspat, Kalkspat, Eisenspat, Flußspat und Quarz, spielen in diesen Lagern gar keine Rolle.

Wie aus allen bisher mitgeteilten Beispielen hervorgeht, ist die Kupfererzführung geradezu charakteristisch für zahlreiche europäische Ablagerungen der Permzeit, sowohl der unteren wie der oberen Stufen. Die Bedeutung der Tatsache, daß wie keine andere gerade die Permformation eine Kupferformation, die Permzeit also geradezu ein Kupferzeitalter gewesen ist, verschwindet auch dadurch nicht, daß in vielen Permablagerungen, wie im untersten Zechstein Englands, oder in Westfalen und in Hannover bei Osnabrück oder im östlichen Thüringen kein Kupfer zum Absatz gekommen ist.

Was insbesondere den Kupferschiefer betrifft, so ist zunächst zu bemerken, daß derselbe, wenn man nur auf seinen Bitumengehalt Rücksicht nimmt, keineswegs eine petrographische Sonderstellung innerhalb der Sedimente einnimmt. Bituminöse Mergelschiefer sind sehr weit verbreitet, und es braucht da nur an die Liasformation erinnert zu werden. Aber abgesehen von manchen Brandschiefern des Rotliegenden, ist kein bituminöser Mergelschiefer bekannt, der so intensiv erzführend wäre wie gerade die bituminösen Mergel in einzelnen Horizonten des Zechsteins. Dabei ist das Metall neben Zink mit ganz wenig Ausnahmen stets Kupfer; Eisen ist verhältnismäßig, d. h. im Vergleich zu seiner sonst so weiten Verbeitung als Schwefelkies, ganz untergeordnet. Nicht nur sein Bitumengehalt, sondern auch seine Erzführung machen den Kupferschiefer in ähnlicher Weise wie seine Versteinierungsführung zu einem ausgezeichneten geologischen Horizont, der seinen Namen über weite Gebiete hin, von der Werra bis über die Saale nach Anhalt (über 150 km) und vom norddeutschen Flachland bis nach dem nördlichen Bayern (etwa 220 km), mit vollem Recht verdient. Innerhalb dieser Ausbreitung ist er an zahllosen Orten erschürft und kupferführend befunden, an vielen weit voneinander entfernten Orten auch abgebaut worden. Bitumengehalt und Erzführung innerhalb des unteren Zechsteins sind hier engverbundene Erscheinungen; ihr Zusammenhang wird noch inniger dadurch, daß das Kupfer auch dann besonders an das Bitumen gebunden ist, wenn letzteres in verschiedenen Horizonten des unteren Zechsteins in nennenswerter Menge auftritt. Dabei ist nicht ausgeschlossen, daß auch bitumenärmeren begleitenden

Schichten ein Kupfergehalt eigen sein kann, er ist aber dann fast stets untergeordnet.

Die Kupferführung gerade des unteren Zechsteins ist ein so charakteristisches Kennzeichen desselben in weiten Gebieten, daß der Zusammenhang nur durch eine Syngeneese von Erz und Nebengestein erklärt werden kann. Alle im ganzen untergeordneten Unregelmäßigkeiten derselben treten demgegenüber als lokale Erscheinungen zurück, für welche auch nach lokalen Ursachen gesucht werden muß. Die Großzügigkeit und das wirkliche Wesen dieses geologischen Phänomens können dadurch nicht gestört werden. Der Kupfergehalt des unteren Zechsteins ist sedimentär wie dieser selbst und wie das begleitende Bitumen. Schon Freiesleben hat denn auch nicht anders geglaubt, als daß das Gestein und sein Erzgehalt miteinander entstanden sein mußten; v. Cotta hat dann die syngenetische Entstehung für die wahrscheinlichste gehalten, desgleichen hat Stelzner nie an derselben gezweifelt. Vor allem aber hat von Groddeck das ihm sehr wohl bekannte Kupferschieferflöz als den Typus einer sedimentären Erzlagerstätte bezeichnet. Überhaupt wird von den meisten Geologen, darunter auch von solchen, welche sich im übrigen gegen die Auffassung anderer Sulfidlager als schichtige Lagerstätten aussprechen, der Erzgehalt des Kupferschiefers für syngenetisch gehalten.

Der erste, welcher gegen die syngenetische Natur nicht nur der in Rede stehenden, sondern überhaupt aller sulfidischen Lagerstätten eifrig Einspruch erhoben hat, war Pošepný.<sup>1)</sup> Mit einer gewissen Schärfe hat Pošepný (1894) wenige Monate vor seinem Tode eine Reihe von Einwürfen gegen die besonders von v. Groddeck mehrfach gestützte Auffassung, gegen das von ihm so genannte „Dogma“, von der sedimentären Entstehung des Kupfererzes im Zechstein gerichtet. Nachdem eine Diskussion jenes vor amerikanischen Bergingenieuren gehaltenen Vortrags, soweit die deutschen Lagerstätten in Betracht kommen, nie erfolgt ist, so möge hier eine solche statthaben; sie kann um so kürzer ausfallen, als sich vieles von selbst aus dem vorigen ergibt. Pošepný macht folgende Einwürfe:

1. Käme der Erzgehalt aus dem Meerwasser, so müßte er zu allen Zeiten niedergeschlagen worden und in allen Sedimenten des Meeres anzutreffen sein. Es braucht darauf kaum erwidert zu werden, daß ja doch auch Gips, Anhydrit,

<sup>1)</sup> Über die Erzlagerstätte am Schneeberge in Tirol; Österr. Ztschr. f. Berg- u. Hütten-Wes., XXVII, 1879, 106. — Archiv f. prakt. Geol., I, 1880, 423. — Über die Genesis der Erzlagerstätten; Jahrb. k. k. Berg-Akad., XLIII, 1895, 5, 162—179. — Da Pošepný besonders im Auslande auch in der Kupferschieferfrage als Autorität gilt, so mag hier zitiert sein, was er über seine persönliche Kenntnis der Sache selbst geschrieben hat (Arch. f. prakt. Geol., l. c.): „Die für typisch angesehenen Kupferschieferlager hatte ich zwar noch nicht Gelegenheit eingehend zu studieren. Ich habe bloß den seitdem eingegangenen, dem deutschen Kupferschiefervorkommen sehr analogen Bergbau von Hermannseifen in Böhmen und einige Werke im Mansfeldischen flüchtig besucht. Doch ist über den deutschen Kupferschiefer so viel publiziert, daß man sich eine Idee von dem Vorkommen machen kann, wenn man gleichzeitig die Erze einer eingehenderen Prüfung unterwirft.“ Auf Grund solcher Untersuchung einer (?) Kupferschieferprobe ist Pošepný dann zu dem Resultate gekommen, daß das Erz unter Verdrängung von Gips entstanden sei, wovon ich an vielen Schloten nichts zu entdecken vermochte. Bergeat.

Steinsalz, ja Kalkstein, Dolomit, Eisenerz, nur zu gewissen Zeiten reichlichere Abscheidung erfahren haben, wenn nämlich die Bedingungen hierfür günstige, mitunter von den normalen sehr abweichende waren.

2. Eine zeitweise intensivere Schwängerung des ganzen Weltmeeres mit Metallsalzen sei undenkbar. Dieser Einwurf fällt deshalb, weil tatsächlich die Verbreitung der Kupfersalze nur in verhältnismäßig kleinen Gebieten vorausgesetzt zu werden braucht, in denen aber ganz sicher das Meer sehr flache Becken erfüllt hat, deren unmittelbares Liegendes von Konglomeraten in weitester Ausdehnung gebildet wird, und die wohl damals schon von der Verbindung mit dem Ozean mehr oder weniger abgeschnitten waren; alles das wird durch das massenhafte Vorkommen von Pflanzenresten, die Anwesenheit von Gips und ihre spätere Überdeckung mit Anhydrit, Steinsalz und sogar Kali- und Magnesiasalzen unzweifelhaft bewiesen.

3. Die Krümmung der Paläoniscusleichen sei noch kein Beweis dafür, daß sie durch Kupferlösungen vergiftet worden seien.

4. Das Erz trete sowohl im Weißliegenden, wie im Kupferschiefer und im hangenden Zechsteinkalk auf; es fände sich also in Süßwassergebilden — womit er die beiden ersteren meint —, als auch im marinen Sediment, was nicht für eine Syngeneese spreche. Dieser Einwurf enthält einen tatsächlichen Irrtum, denn der Kupferschiefer ist ganz sicher ein marines Sediment; wenn ferner erhaltige Lösungen einen weichen Schlamm durchtränken, der in der Mächtigkeit von einigen Zentimetern über lockerem Geröll und Sand ruht, dann ist es kaum anders denkbar, als daß sie auch in diese letzteren von oben her einsickern mußten.

5. „Derselbe bituminöse Schiefer kommt auf dem Südostabhange des Harzes, im Thüringer Wald und an anderen ziemlich entfernten Punkten zum Vorschein, so daß er in der Tat aus einem großen Becken niedergeschlagen werden mußte; es ist aber die Frage, ob er auch überall Erze enthält und den Namen Kupferschiefer verdient?“

Daß im Kupferschiefer der verhältnismäßig geringe Metallgehalt nicht überall in gleicher Menge vorhanden ist, daß er an den Rändern des Verbreitungsgebiets des Schiefers abnimmt oder sogar nicht mehr nachweisbar ist, ist auch dann, wenn man ihm eine syngenetische Entstehungsweise zuschreibt, nicht mehr oder weniger auffällig, als es der wechselnde, doch sicherlich sedimentäre Magnesia- oder Kalkgehalt des Kupferschiefers oder des Zechsteins oder der wechselnde Bitumengehalt dieser Gesteine sein kann. Wie die übrige chemische und petrographische Beschaffenheit der Gesteine, deren Änderung doch noch viel mehr in die Augen springt als diejenige der Erzführung, so ist natürlich auch die letztere abhängig gewesen von der physikalischen Beschaffenheit des Meeres und der Topographie seines Bodens. Daß der Metallgehalt mit der sonstigen petrographischen Zusammensetzung des Schiefers sich ändert, wie am östlichen Thüringer Wald, wo der letztere mehr und mehr kalkig wird, beweist nichts gegenüber der sonst so allgemeinen Kupferführung des typischen Kupferschiefers und des Zechsteins überhaupt.

6. Pošepný legt zugunsten der Epigenese ein sehr großes Gewicht darauf, daß die Erze nicht nur auf das Niveau des Kupferschiefers beschränkt sind, sondern an verschiedenen Orten in verschiedenen Niveaus des Perm auftreten können. Damit stellte er nur eine Tatsache fest, die ohne weiteres durch die Annahme einer Syngeneese erklärt werden konnte.

Die epigenetische Erzansiedelung setzt Zufuhrkanäle voraus, und als solche betrachtet Pošepný die teils erzfreien, teils erzführenden Verwerfungsspalten; von diesen aus seien die Metalllösungen in den Kupferschiefer hineingewandert.<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Dieselbe Auffassung hat Beyschlag vertreten und auch Beck (Erzlagerstätten, 1901, 519—521) hat Einwürfe gegen die Syngeneese des Kupfers im Perm versucht.

In welcher Weise sich die kupferführenden Flöze in der Nähe der Rücken verhalten, ist im vorigen geschildert worden, und es sei deshalb hier an jene Abschnitte erinnert. Die Flöze sind in der Nähe der erzerfüllten Spalten bald reicher, bald ärmer, bald unverändert; in der Nähe der erzleeren Spalten sind sie bald reicher (Riechelsdorf), bald weist alles darauf hin, daß dort eine Auslaugung des Metallgehaltes stattgefunden hat.<sup>1)</sup> An und für sich ergeben sich aber ganz gewiß keine Beweise dafür, daß der Erzgehalt den Schichten durch die Spalten zugeführt worden ist. Sollte das anzunehmen sein, so dürfte man vielleicht auch erwarten, daß die mineralische Ausfüllung der Spalten, soweit eine solche überhaupt stattfand, einige stoffliche Verwandtschaft mit der Metallführung der Schichten zeige. Das trifft aber keineswegs zu; vielmehr kommen die in den Flözen verbreitetsten Elemente, wie Kupfer, Zink, Blei, Silber und Schwefel, auf den Rücken im ganzen überhaupt nicht oder nur untergeordnet vor. Hier spielen Nickel, Kobalt und Arsen die Hauptrolle, und nur vereinzelt, wie zu Kamsdorf, bricht auch Kupfer in größerer Menge ein. Zinkblende scheint auf den Rücken überhaupt kaum bekannt zu sein, während es doch nicht nur im Mansfelder Kupferschiefer, sondern auch in den begleitenden kalkigen Schichten in bemerkenswerter Menge auftritt! Mit Recht betont von Ammon,<sup>2)</sup> daß für den Kupferschiefer der Zinkgehalt nicht weniger charakteristisch ist als der Kupfergehalt.<sup>3)</sup> Pošepný meint, daß die Metallführung des Schiefers auf eine metasomatische Verdrängung des darin ursprünglich enthaltenen Gipsgehaltes zurückzuführen sei; man fragt demgegenüber unwillkürlich, warum dann der Schiefer nicht zu einem schwerspatführenden Flöz geworden ist, während doch keine der Analysen darin Baryt nachgewiesen hat! Daß im nicht zerrütteten, normalen Kupferschiefer mittels des Mikroskops von einer Erzeinwanderung nichts zu bemerken ist, wurde schon gesagt.

Wichtig und charakteristisch für das ganze Wesen der Veredelungen längs der Rücken ist die häufige Erscheinung, daß nahe den letzteren gerade diejenigen Schichten angereichert wurden, welche sonst im normalen, ungestörten Flözfelde unbauwürdig sind, und daß gerade die liegendsten Schichten, welche bei regelmäßiger Lagerung die kupfer- und bitumenreichsten sind, in der Nähe der Rücken verarmen können. Diese Verarmung findet innerhalb geringer Entfernungen (wenige Meter) von den Klüften statt, der normale Unterschied im Kupferreichtum der liegenden und hangenden Schiefer hält dagegen über hunderte von Metern an. Im allgemeinen befindet sich das zerrissene, zertrümmerte und gestörte Flöz in einem anormalen, das ungestörte und regelmäßig gelagerte dagegen in einem normalen Zustande der Erzführung. Schon daraus ergibt sich, daß die Klüfte nicht den Erzgehalt in das normale Flöz zugeführt haben können. Wohl muß eine Umlagerung, Wegfuhr und Zufuhr in den gestörten Teilen längs derselben stattgehabt haben. Daß gerade das Kupfer auf Lagerstätten sehr leicht zu wandern vermag, und daß unter dem Einflusse von oberher eindringender Lösungen eine sekundäre Veredelung der Kupferlagerstätten stattfinden kann, ist schon mehrfach erwähnt worden: so kennt man dieses Phänomen von Rio Tinto, von dem Kieslager zu Falun, am Mount Lyell und am großartigsten in Kupfererzergängen, wie z. B. in den später zu behandelnden Gängen von Butte in Montana. Unter die Kategorie dieser Selbstveredelungen

<sup>1)</sup> So nach der Beschreibung Buchruckers im Kupferschiefer von Hahausen.

<sup>2)</sup> Bayer. geogn. Jahreshfte, XIII, 1900, 179.

<sup>3)</sup> Man vergleiche die auf S. 396—397 mitgeteilten Analysen!

durch Umlagerung des primären Erzgehaltes, wobei, wie im großartigsten Maßstabe zu Butte, aus dem ärmeren Kupferkies reichere Sulfide hervorgehen, dürfte wohl auch die Veredelung des Kupferschiefers längs der Rückenklüfte gehören. Es wird mehrfach beobachtet, daß eine solche Veredelung gerade dort eintritt, wo das Flöz gegenüber seiner Umgebung abgesunken ist, also jeweils an den tiefsten Stellen; auch diese Wahrnehmung würde nur im Einklang stehen mit einer Abwärtswanderung des Kupfergehaltes durch von obenher kommende Lösungen. Über das eigentliche Alter der Rückenbildungen kann nur die Vermutung geäußert werden, daß sie dasselbe Alter haben, wie die dem Harznordrande parallelaufenden Spalten der Umgebung des Harzes und wie die oberharzer Erzgänge, d. h. daß sie frühestens miocän sind. Da sich über ihnen Gips- und Steinsalzlager befunden haben, so mögen die diesen entstammenden Laugen einigen Einfluß auf die Umlagerungen geübt haben. Den Schwerspat-, Kobalt-Nickelerzgängen dürfte dabei eine geringere Bedeutung zugekommen sein. Schon früher wurde darauf hingewiesen (S. 269), daß gerade die Kobalt-Nickelgänge beim Durchtritt durch erzimprägnierte Schichten eine Anreicherung erfahren, und so mag auch in diesem Falle der Kupferschiefer eher veredelnd auf die Rücken, nicht aber diese anreichernd auf den Schiefer eingewirkt haben. Die Ausfällung von Schwerspat muß gefördert worden sein durch die Anwesenheit der in den Spalten vorhandenen Sulfatlaugen.

Ganz entsprechend den auch sonst bei Erzgängen zu machenden Wahrnehmungen hat zwar auch längs der Kopaltrücken eine Einwanderung von Nickel- und Kobalterzen in das Nebengestein stattgefunden; dieselbe erstreckt sich aber stets nur auf ganz geringe Entfernungen und hat mit der Erzführung des Kupferschiefers selbst nichts zu tun. Die „Rücken“ verhalten sich in solcher Beziehung nicht anders als die Erzgänge im allgemeinen; denn niemals ist bekannt geworden, daß auch die mächtigsten Erzgänge ihr Nebengestein auf hunderte von Metern hin mit Erz imprägniert hätten.

Schon von Groddeck hat darauf aufmerksam gemacht, daß eine metasomatische Umwandlung durch aufsteigende Metalllösungen doch vor allem die Kalke und Dolomite, nicht aber den Mergelschiefer betroffen haben mußte. Tatsächlich sind auch erstere an verschiedenen Orten von Gangspalten aus in Eisenerze umgewandelt, und stellenweise, wie zu Kamsdorf, finden sich in diesen auch ganz untergeordnet ähnliche Kupfererze wie auf den Gängen selbst. Gerade zu Mansfeld aber zeigen die Kalkschichten im Hangenden des Kupferschiefers gar keine Metasomatose.

Wichtig ist die Tatsache, daß die Kupferablagerungen sich ganz besonders nahe der Basis der jedesmaligen Zechsteinüberdeckung finden, gerade als ob sie sich vor dem Eindringen des Meeres dort bereits angesammelt gehabt hätten. Von jeher ist, sowohl von den Anhängern der syngenetischen Auffassung der Zechsteinerze, wie von deren Gegnern der Einfluß betont worden, den organische Reste auf die Ausfällung der Sulfide gehabt haben. Die von manchen erörterte Frage, ob die Kupferschieferfische durch die Kupferlösungen vergiftet worden seien und mehr noch, ob ihre gegenwärtige Lage auf einen besonderen Totenkampf hinweise, ist ganz nebensächlich. Ziemlich sicher ist wohl, daß sie die großen Bitumenmassen des unteren Zechsteins geliefert haben, und daß wir uns zu der Zeit, als das Zechsteinmeer vordrang, das erste seichte Becken als eine

mit Kupferlösungen durchschwängerte Fischjauche vorstellen müssen, aus der die verwesenden Massen die Metallsulfide ausfällten.

Eine Frage für sich ist diejenige nach der Herkunft der metallischen Lösungen. Hornung meint, dieselben seien vor Einbruch des Zechsteinmeeres aus den Gesteinen und aus Gängen ausgelaugt worden und die Fische des Zechsteinmeeres seien durch die präexistierenden Laugen, in die sie hineingerieten, vergiftet worden. Vielleicht darf man aber auch annehmen, daß im Beginn der Überflutung durch das Zechsteinmeer alle die Metallsalze zur Ausfällung gelangt sind, welche sich im Zusammenhang mit den massenhaften Eruptionen zur Zeit des Rotliegenden gebildet hatten. \*

In der Permformation von Texas<sup>1)</sup> sind an verschiedenen Orten Kupfererze bekannt und stellenweise, allerdings ohne viel Erfolg, abgebaut worden. Die kupferführenden Ablagerungen erstrecken sich durch die Counties Archer, Wichita, Montague und Wilbarger, und etwas südwestlich davon durch die Counties Haskell, Baylor, Stonewall und Knox. Die Verbreitung ist eine sehr weite, denn sie umfaßt ungefähr das Gebiet zwischen dem 98. und 100.<sup>o</sup> westl. Länge von Greenw. und dem 33. und 34.<sup>o</sup> nördl. Breite. Kupfererze treten an den verschiedenen Fundorten in verschiedenen Horizonten auf, sind jedoch in den einzelnen Vorkommnissen an gewisse Schichten des speziellen Profils gebunden. Die permischen Ablagerungen von Texas bestehen aus verhältnismäßig weichen Sandsteinen, Schiefertönen, Konglomeraten und Mergeln. Nach Dumble<sup>2)</sup> soll die Gesamtmächtigkeit der fast horizontal liegenden Schichten etwa 900 m betragen. Man hat dieselben gegliedert in:

- Oben: 1. Die Double Mountain-Schichten.
2. Die Clear-Fork-Schichten.
3. Die Wichita-Schichten.

Der eine Kupferhorizont liegt nach Dumble in den Wichita-, zwei in den Clear-Fork-Schichten.<sup>3)</sup> Im Archer- und Wichtacounty sind solche Erzvorkommnisse weit verbreitet. Im ersteren ist das Erz hauptsächlich an Mergel und mehr oder weniger bituminösen Schiefertone gebunden und tritt darin als Vererzungsmittel von mehrere Zoll dicken Holzstücken auf, welche alsdann einen ganz besonders hohen Kupfergehalt von 20—60% besitzen sollen. Außerdem kommt es in bis zu  $\frac{1}{2}$  Fuß haltenden Knollen und als Imprägnation des Mergels oder Schiefertones vor. Malachit und Kupferlasur nebst Kieselkupfer sind die hauptsächlichsten Erze.

Schmitz hat in der Nähe von Archer City ein Gebiet von etwa 7 km Länge und 5 km Breite genauer untersucht und Kupfererze an 10 verschiedenen Aufschlüssen nachweisen können. Das Erz war in Bänken von Schiefertone und Mergeln zu Buzzen von manchmal einigen hundert Pfund Inhalt konzentriert oder kam als Imprägnation von Holz und in Knollen („pebbles“) vor. Schmitz glaubt mit Bestimmtheit an eine gewisse Horizontbeständigkeit der Erzführung. Da die Verkehrsmittel in jener Gegend noch ungenügend sind, hat sich eine Gewinnung der an und für sich reichen Erze nicht gelohnt.

Nach Louis<sup>4)</sup> findet sich eine ganz ähnliche, gleichfalls permische Ablagerung nahe New Annan in Neuschottland. Er beobachtete dort folgendes Profil:

1) Schmitz, Copper ores in the Permian of Texas; Trans. Am. Inst. Min. Eng., XXVI, 1896, 97—108.

2) I. Ann. Rep. geol. Surv. of Texas, 1889, 186.

3) Die älteren Angaben Dumbles über die Verbreitung der einzelnen Horizonte scheinen mit den späteren Angaben Schmitz nicht ganz übereinzustimmen.

4) Trans. Am. Inst. Min. Eng., XXVI, 1896, 1051—1052.

Unten: Roter Sandstein mit unvollkommener Bankung und falscher Schichtung. Ein Erzlager; ein dünnbankiger, glimmeriger Sandstein von 2—15 cm Dicke enthält undeutliche Pflanzenreste, die in Anthrazit, Kupferkies, Kupferglanz und Eisenkies umgewandelt sind. Sehr grobkörniger Sand oder roter Sandstein von wechselnder Mächtigkeit. Erzlager, 15—60 cm, im Durchschnitt 35 cm mächtig. Weicher, grauer, zerreiblicher Sandstein mit Erzknotten. Roter Sandstein.

Alle Schichten liegen ziemlich horizontal; das Profil ist an zwei, etwa  $1\frac{1}{2}$  km voneinander entfernten Stellen beobachtet worden.

Das Kupfererz besteht hauptsächlich aus Kupferglanz, nebensächlich auch aus Covellin und sekundären Verbindungen; besonders das obere Erzflöz ist reich an Konkretionen von Kupfererz, welche von etwa 8 g bis zu  $\frac{1}{3}$  Pfund, sogar bis zu  $1\frac{1}{2}$  Pfund wiegen und von Kupferkarbonaten überkrustet und auf Sprüngen davon durchzogen sind. Louis glaubt nicht, daß diese Erzabsätze syngenetisch seien; das Erz sei erst später in die Schichten eingedrungen. Eine Begründung dieser Annahme wird nicht gegeben.

### 5. Die blei-, kupfer- und silbererzführenden Sandsteine.

Recht fraglich ist die Entstehung der Kupfererzlagerstätten von **Corocoro-Chacarilla**<sup>1)</sup> auf der bolivianischen Hochebene. Haupterz ist gediegen Kupfer, untergeordnet sind andere Kupfererze und Silber; Nebengestein ist ein dem Perm zugerechneter Sandstein.<sup>2)</sup>

Zwischen der Cordillera real im Osten und der Küstencordillere liegt, durchschnittlich 4000 m hoch, die vom Rio Desaguadero durchströmte Hochebene von Bolivia und auf ihr, etwa unter dem 17° südl. Breite in einer Höhe von ungefähr 4050 m, 100 km südlich vom Titicaca-See die Stadt Corocoro. Die Cordillera real besteht ihrer Hauptmasse nach aus silurischen und devonischen, oftmals stark gefalteten Tonschiefern, Grauwacken, Sandsteinen, Graniten, Porphyren usw.; die Küstencordillere wird von jurassischen Ablagerungen samt Tuffen und jungeruptiven Gesteinen gebildet. Hügelketten erheben sich aus der im übrigen von Löß und anderen diluvialen Ablagerungen bedeckten Hochebene; sie bestehen aus Sandsteinen und Schiefertönen usw., welche man für permischen Alters hält und welche sich durch ganz Bolivien verfolgen lassen. Die Schichten

<sup>1)</sup> Reck, Das Vorkommen, die Gewinnung und die Aufbereitung des Kupfers in der Serrania de Corocoro-Chacarilla; Berg- u. Hüttenm. Ztg., XXIII, 1864, 93, 113, 121, 129. — Forbes, On the geology of Bolivia and Southern Peru; Quart. Journ. Geol. Soc. London, XVII, 1861, 40—47. — Moßbach, Die Gruben von Corocoro und Chacarilla in Bolivia; Berggeist, XVIII, 1873, 69, 83, 95, 113, 133, 145, 159, 167 usw. — Nöggerath, Verh. naturh. Ver. Rheinl. u. Westf., XXVIII, 1871, Corr. 88. — Domeyko, Cristaux épigènes de cuivre métallique de Corocoro; Ann. d. Mines (7), XVIII, 1880, 531.

<sup>2)</sup> Notizen Stelzners nach Mitteilungen des Ingenieurs Feuereisen ist folgendes zu entnehmen: Danach würde das „Terreno de Vetas“ aus quarz- und feldspatführenden, mit Kupfer imprägnierten Sandsteinen und aus Tuffen bestehen; als „Terreno de Ramos“ wird „Sandstein“ angegeben. Beiden wird tertiäres Alter zugeschrieben. In der ganzen Umgebung von Corocoro sei kein Eruptivgestein bekannt.

sind stellenweise kupferführend, und seit uralter Zeit ist das Metall aus ihnen gewonnen worden. Der jetzige Bergbau datiert aus dem Jahre 1832.

Die „permischen“ Schichten bestehen nach älteren Beschreibungen aus lettigen Schiefern, Mergeln, verschiedenfarbigen, aber besonders häufig roten Sandsteinen und Konglomeraten mit Gips- und Steinsalzeinlagerungen. In den Ton- und grauen Sandsteinschichten liegen die Erzlager konkordant.

Der ganze Erzdistrikt von Corocoro wird nach Forbes durch eine ungefähr NW. streichende Verwerfung in zwei Abschnitte, einen westlichen und einen östlichen, geteilt. Zu beiden Seiten derselben zeigen die Schichten ein verschiedenes Streichen und Fallen. Diejenigen westlich der Verwerfung streichen N. 35—40° W. und fallen 70° gegen SW., die östlich derselben streichen N. 20—35° W. und fallen 30—54° gegen NO. Die innerhalb der ersteren

liegenden Flöze heißen „Vetas“, die anderen „Ramos“; die Vetas und Ramos fallen demnach, wie Fig. 96 zeigt, dachförmig nach verschiedenen Seiten. Sie sind durchschnittlich  $\frac{1}{2}$  bis 2 m, indessen auch bis zu 12 m mächtig und führen vor allem gediegenes Kupfer in Form von feinem Sand, von Schüppchen, in dendritischen Massen von vielerlei Form und in fußbreiten massiven Platten oder Blechen. Diese Massen von gediegem Kupfer sind begleitet von Gips. Nebst dem tritt stellenweise gediegenes Silber so reichlich auf, daß es den Hauptgegenstand des Abbaus ausmachen kann. Domeykit ( $\text{Cu}_3\text{As}$ ), Kupferglanz, Rotkupfer, Kupferlasur und Malachit sind weitere Kupfererze, welche den

Flözen eine mehr oder weniger lebhaftere Färbung verleihen und ihren Kupfergehalt kenntlich machen. Die mit Kupferlasur durchsetzten, im Vergleich mit den kupferleeren Flözmassen hellgefärbten Sandsteine heißen „panizo“; die klumpigen Erze werden als „tacana“, die plattenförmigen, welche konkordant dem Schichtenfallen und -streichen liegen, allgemein als „tablilla“ bezeichnet. Haben die letzteren unregelmäßig blechförmige Gestalt, so heißen sie „charque“ (d. s. in der Aymara-Sprache getrocknete Fleischfetzen). Neben dem Gips kommt auch Aragonit vor, der tonige Bestandteile umhüllt. Bekannt sind die ausgezeichneten, in Ton eingebetteten, vollständigen und unvollendeten Pseudomorphosen von Kupfer nach diesem Mineral. Auch verkohltes, teilweise mit Kupfer imprägniertes Holz findet sich.

Im Jahre 1873 kannte man 18 Flöze, welche je durch 24—100 und mehr Fuß mächtige taube Zwischenmittel voneinander getrennt waren; 14 davon gehörten zu den Ramos, 4 zu den Vetas. Besonders die letzteren sind reich,

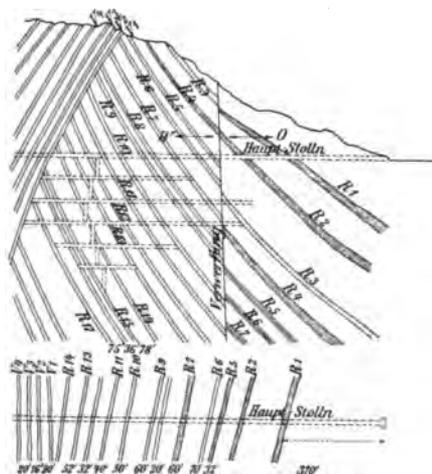


Fig. 96. Profil (oben) und Grundriß durch die kupfererzführenden Vetas und Ramos von Corocoro. (Mösbach, 1873.)

und zu ihnen gehört die „Veta del buen pastór“, welche bis zu 12 m mächtig ist und wegen ihres Silberreichtums viel von sich reden machte. Wie auf den übrigen Flözen bestand das Ausgehende dieser Veta aus oxydischen und sulfidischen Kupfererzen bis zu einer Teufe von ungefähr 60 Fuß; dann stellte sich gediegenes Silber ein, welches gewöhnlich für sich allein, nicht in Gesellschaft des Kupfers und niemals mit diesem legiert auftrat. In gewissen Zonen betrug die Masse des Silbers durchschnittlich das Achtfache derjenigen des Kupfers. Schon 1858, d. i. in ungefähr 20 Jahren, war die Veta del buen pastór bis zu einer Teufe von 360 Fuß unter der Talsohle abgebaut worden. Schon 1860 hatten die tiefsten Gruben von Corocoro 167 m unter der Talsohle erreicht.

Im großen ganzen ist der Kupfergehalt in den Ramos, entsprechend der feinkörnigeren Beschaffenheit des Nebengesteines, feiner verteilt als in den Vetas, deren Nebengestein nach Forbes grobkörniger und mehr konglomeratisch ist. Der Erzgehalt ist nirgends ein ganz gleichmäßiger, sondern zonenweise größer oder geringer. Die kupferführenden Gesteinszonen pflegen sich durch eine lichtere, fast weiße Färbung von den sonst tiefroten Sandsteinen zu unterscheiden.

Die jetzige Erzführung der Lager von Corocoro kann, wenn man dieselben als schichtige auffaßt, keine ursprüngliche sein. Die Entfärbung des Nebengesteines in der Nähe der Erze, das Auftreten des gediegenen Kupfers als Pseudomorphose nach Aragonit und als dendritischer Einschluß im Gips weisen mit Sicherheit auf eine Umlagerung des Metalles hin. Ferner sei ein interessanter Fund erwähnt, dessen Forbes gedenkt; auf der Grube von Sta. Rosa fand man 1859 das Skelett eines lamaähnlichen Tieres (*Macrauchenia Bolivensis* Huxley), dessen Knochen ganz und gar mit gediegenem Kupfer imprägniert waren. Die Umlagerung des Kupfers hat demnach in der allerjüngsten Zeit noch stattgefunden.

Nach Domeyko sind die der Verwerfung am nächsten liegenden Vetas die kupferreichsten. Überhaupt sollen nach ihm die Schichten mit den Vetas in einer Entfernung von  $2\frac{1}{2}$  km, diejenigen mit den Ramos in einer solchen von  $1\frac{1}{2}$  km von der großen Verwerfung unbauwürdig sein.<sup>1)</sup> Längs der letzteren sind die Kupfererze auf eine Entfernung von 3000 m verfolgt und abgebaut worden.

Die Kupfererze von Corocoro („coro“ bedeutet in der Aymara-Sprache „Kupfer“) wurden schon in der Zeit der Incas abgebaut, wie das die aufgefundenen steinernen Werkzeuge erkennen lassen. Die Indianer verarbeiteten indessen nur das gediegene Kupfer. Nach der Eroberung durch die Spanier kamen die Abbaue erst 1832 wieder in Betrieb; in den 70er Jahren des vorigen Jahrh. gab es 21 Gruben, die 1882 das Maximum der Produktion mit 3259 t Kupfer erreichten. Zu Corocoro arbeiteten in den letzten Jahren vier Grubengesellschaften, welche im Jahre 1897 82400 t Erz produziert haben sollen. Man exportierte Erze mit 70% Kupfer. Die gesamte Kupferproduktion Bolivias wird dagegen für 1902 mit nur 2000 t angegeben.

<sup>1)</sup> Die betreffende Stelle, l. c. 536, ist unklar. Nach Moßbach werden die Ramos gegen Osten zu durch eine Verwerfung abgeschnitten. Siehe die Figur.

Etwa 50 km südlich von Corocoro liegt der Grubenort Chacarilla, wo gleichfalls seit den 30er Jahren des vorigen Jahrhunderts Abbau auf ganz ähnlichen Flözen wie zu Corocoro getrieben wird. „Die Flöze der Chacarilla sind den Vetas von Corocoro so ähnlich, daß alles bei jenen im allgemeinen Gesagte auch hier gelten kann. Sie haben mit wenigen Ausnahmen das Fallen und Streichen, dieselben Variationen in Härte, Reichtum und Korngröße der Erze usw., nur sind die der Chacarilla durchschnittlich noch mächtiger, wenn auch nicht reicher wie die Corocoros. Verfolgt man das Streichen der Flöze von Corocoro nach Süden, so bilden die Ablagerungen der Chacarilla die Fortsetzung von jenen, und es verraten mehrere dazwischen liegende, von Malachit und Lasur grün und blau gefärbte Bergrücken ihren Zusammenhang untereinander. Ungefähr in der Mitte von beiden Orten hat sich infolgedessen an einer so gefärbten Stelle eine Grube, Namens Pucara, aufgetan, welche zwei Vetas bearbeitet. Auch südlich von Chacarilla treten in einer Gegend, genannt Tupaltupal, mehrere stark gefärbte Cabezeras (d. s. oxydierte Ausstriche) auf, in denen man aber nur arme Erze angetroffen hat“ (Moßbach). Man kennt dort nur nach Westen einfallende Flöze, die deshalb auch Vetas genannt werden. Auch zu Chacarilla führen die Vetas etwas Silber, wenn auch spärlicher als zu Corocoro. Endlich erwähnt Reck noch ein weiteres derartiges Vorkommen zu Quisacollo südlich von Chacarilla.

#### Die triasischen „Knottenerze“.

In den Sandsteinen ist das Zement zwar häufig gleichförmig und gleichartig verteilt; besonders an den Abwitterungsflächen aber erkennt man oft sehr deutlich eine ungleichmäßige Verteilung des Kittes, wie das Naumann<sup>1)</sup> schon des näheren mit folgenden Worten geschildert hat: „Manche Sandsteine sind förmlich durchstrickt von einem Netze härterer, hornsteinähnlicher Gesteinsmasse, was besonders an den verwitterten Felswänden recht sichtbar wird; andere sind stellenweise in seltsam gestalteten rundlichen Formen oder in gewundenen Flächen von Eisenoxydhydrat imprägniert, welches zugleich eine größere Festigkeit dieser Partien bedingt.“ Von besonderem Interesse ist hier derjenige Fall, wo das Zement kugelig angereichert ist; dann entstehen kugelige Konkretionen von Sandstein im Sandstein, deren Bindemittel entweder für das bloße Auge dem des übrigen Gesteines gleicht oder schon durch seine Farbe von letzterem verschieden ist. Besonders häufig sind als Zement derartiger Kugeln das Brauneisenerz und schwarze Manganoxyde (der „Leopardensandstein“ im unteren Quadersandstein bei Dresden, der „Tigersandstein“ im Buntsandstein des Schwarzwalds und Bayerns, dessen Konkretionen ein dolomitisches Bindemittel mit Eisen- und Manganoxyden besitzen). Es liegt kein Grund zu der Annahme vor, daß das Bindemittel derartiger Konkretionen nicht gleichen Alters mit dem Sandstein selbst ist. Solche konkretionäre Ausscheidungen besitzen einen technischen Wert, wenn sie aus einem wertvolleren Erz bestehen, z. B. aus Bleiglanz oder Kupfererzen; sie heißen dann „Knotten“.

<sup>1)</sup> Geognosie, I, 1858, 660—661.

Der Buntsandstein am Nordrand der Eifel, d. i. in dem dreieckigen Triasgebiet zwischen Niedeggen an der Roer im Norden, Call im Süden und Commern im Norden ist an verschiedenen Stellen und in verschiedenen Horizonten blei- und kupferführend. Der berühmteste Bergbau jener Gegend war von jeher derjenige von **Commern** und **Mechernich** im Kreis Schleiden.<sup>1)</sup> Die Triasschichten besitzen im großen eine muldenförmige Lagerung mit SW.—NO. gerichteten Streichen; die erzreicheren Gebiete gehören dem südöstlichen Teil der Mulde an. Der Buntsandstein ruht unmittelbar auf dem gefalteten Devon und zwar vorzugsweise auf Coblenzer Grauwacken, stellenweise auch auf dem mitteldevonischen Eifeler Kalk. Er wird gegliedert in zwei Stufen:

1. den Hauptbuntsandstein = unterer und mittlerer Buntsandstein (Vogesen-sandstein),
2. den oberen Buntsandstein (Chirotheriensandstein) nebst Röt (Votziesandstein).

Die Abbaue der Gegend von Commern liegen fast sämtlich in und auf dem Commerner Bleiberg, der sich 200—250 m hoch über der Talsohle des Bleibaches erhebt und etwa zwei Stunden lang und eine halbe Stunde breit ist. Von den verschiedenen Bergwerkskonzessionen war der Meinerzhagener Bleiberg bei Commern der ergiebigste und wurde am intensivsten abgebaut.

Der hier in Frage kommende Hauptbuntsandstein besteht aus einer Wechselfolge von Sandsteinen und Konglomeraten mit kieselig-tonigem Bindemittel und im allgemeinen von roter Färbung. Wo die Schichten bleierzführend sind oder erzführende Schichten begleiten, sind sie weiß und sehr leicht zerreiblich. Die Erzführung besteht vorzugsweise in einer solchen von Weißbleierz, Bleiglanz und von Kupferkarbonaten und beschränkt sich fast ausschließlich auf die Sandsteine, während die Konglomerate seltener Erze enthalten. Der Bleiglanz tritt im Sandstein fast nur in der Form der sog. Knotten auf, d. s. Konkretionen von Sandkörnchen mit dem genannten Erz als Bindemittel. Sie besitzen Durchmesser von wenigen Millimetern und werden selten größer als eine Erbse; die äußere Umgrenzung der bläulichen Bleiglanzknotten wird

<sup>1)</sup> v. Oeynhausen und v. Dechen, Der Bleiberg bei Commern; Karst. Arch. f. Bergb. u. Hüttenw., IX, 1825, 60—133. — Gurlt, Das Erzvorkommen am Maubacher Bleiberge; Sitzungsber. der niederrh. Ges., 1861, 56—62. — Diesterweg, Beschreibung der Bleierzlagerstätten, des Bergbaues und der Aufbereitung am Bleiberge bei Commern; Ztschr. f. Berg-, Hütten- u. Sal.-Wes., XIV, 1866, 159—197. — v. Dechen, Orographisch-geognostische Übersicht des Regierungsbezirkes Aachen; Statistik des Regierungsbezirkes Aachen, II. Bd., 1866. — Blanckenhorn, Die Trias am Nordrande der Eifel; Abh. z. geol. Spezialkarte von Preußen, VI, 2, 1885, Lit. — Hupertz, Der Bergbau und Hüttenbetrieb des Mechernicher Bergwerks-Aktien-Vereins. Köln 1886. — Haber, Genesis der Bleierze im Buntsandstein des Bleibergs bei Commern; Berggeist, XI, 1866, 281, 289, XII, 1867, 80, 83, 91. — Jung, Bemerkungen über Zugutemachung kalkhaltiger armer Kupfererze durch Auslaugung. Enthält Angaben über den Bergbauversuch auf der Grube Friedrich Wilhelm zu Berg bei Commern; Berg- u. Hüttenm. Ztg., XXI, 1862, 229. — v. Dechen, Über Neubildungen von Weißbleierz im Meinerzhagener Bleiberg; Sitzungsber. d. niederrh. Ges., XIV, 1857, 61—62.

von Kristallflächen gebildet. Kupfererzknoten und Kupferkarbonate als feine Imprägnation des Sandsteins sind besonders am Griesberg, dann bei Vlaten und Berg, mehrere Kilometer nordwestlich von Comern und bei Lieversbach an der Roer abgebaut worden. Auch die Weißbleierzknoten sind nicht selten durch beigemengtes Kupferkarbonat bläulich oder grünlich gefärbt. Die Knoten sind in der Sandsteinmasse sehr verschiedenartig verteilt, bald dichter, bald spärlicher durch dieselbe zerstreut, ohne daß sich dabei eine Schichtung erkennen ließe. Manchmal sind mehrere zu unregelmäßigen Konkretionen verwachsen. In dem abbauwürdigen Gestein beträgt ihr Gewicht 4—10% der ganzen Flözmasse. Das Weißbleierz findet sich nur in oder nahe dem Ausgehenden.

Von besonderem Interesse ist, daß die Blei- und Kupfererzknoten nur selten zusammen vorkommen. „In den Grubenfeldern Günnersdorf und Neu-Schunk-Olligschläger kommen in den daselbst bebauten Knotenflözen zuweilen Partien vor, welche Kupfererzknoten enthalten; diese Partien schneiden mit ihrer grünen Farbe häufig scharf von der übrigen mit blauen Bleierzknotten besetzten Flözmasse ab. In dem zuletzt genannten Konzeptionsfelde tritt diese Erscheinung besonders schön hervor, so daß man in dem obersten Flöze im Felde des Risaschachte, südlich von dem Mariaschachte, zwischen zwei solchen Partien eine genaue Grenze, die sog. Kupfergrenze, unterschieden hat.“ (Diesterweg.)

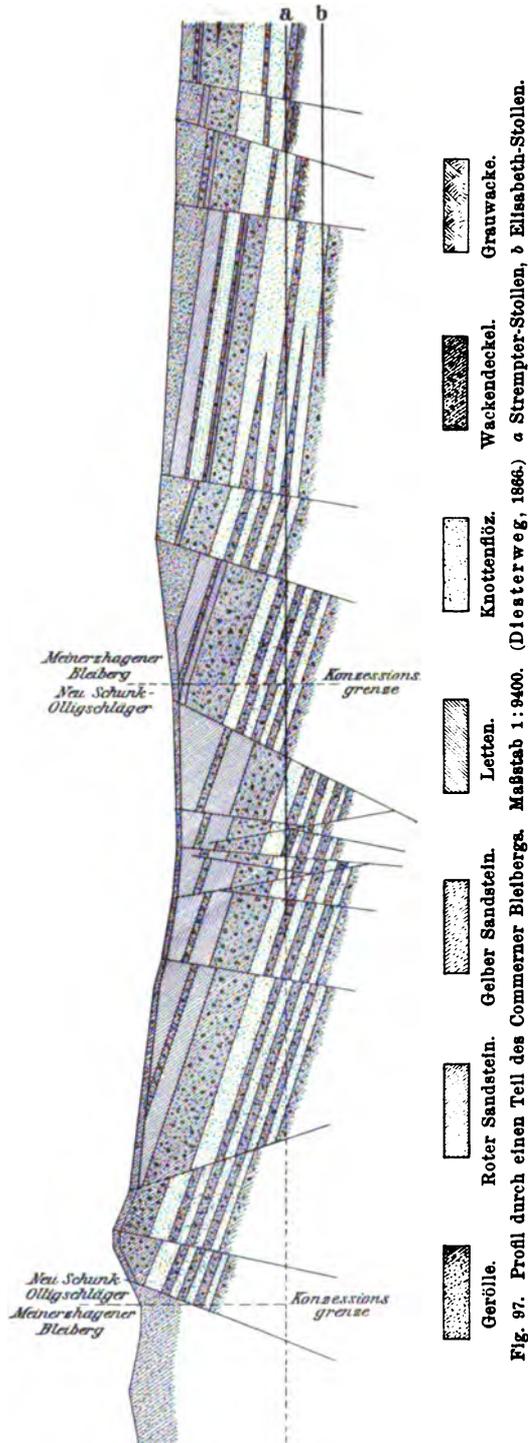


Fig. 97. Profil durch einen Teil des Comerner Bleibergs. Maßstab 1:9400. (Diesterweg, 1866.) a Strempfer-Stollen, b Elisabeth-Stollen.

Während der Bleiglanz im Sandstein fast nur in Knotten, seltener in feiner Verteilung vorkommt, findet sich das Weißbleierz häufig auch in letzterer Weise als Zement des Sandsteins. Das Weißbleierz ist ein Umwandlungsprodukt und bildet als solches häufig die äußere Umhüllung der Bleiglanzknotten. Übrigens kommen häufig Konkretionen ohne kupferiges oder bleisches Bindemittel vor, sog. „taube Knotten“, welche manchmal durch Mangan schwarz gefärbt sind und recht bedeutende Dimensionen erreichen.

Treten Erze in den Konglomeraten auf, so sind es kristallinisch-blättrige Massen von Bleiglanz, Weißbleierz oder Imprägnationen von Kupferkarbonaten. Diese Vorkommnisse, zu denen noch Kupferkies, Schwefelkies und Braunspat hinzutreten können, sind zwar gleichfalls stellenweise abgebaut worden, kommen aber nur untergeordnet im unmittelbaren Hangenden des Knotten-Sandsteins vor.

Nach seiner Erzführung kann man am Bleiberg bei Mechernich weiterhin den Sandstein in zwei Abteilungen gliedern, nämlich in den oberen roten, eisenreichen, aber blei- und kupferleeren und in den unteren weißen, blei- und kupfererzführenden Hauptbuntsandstein. Beide sind getrennt durch eine (2—46 m mächtige) von NO. nach SW. anschwellende Konglomeratbank; ebenso werden auch die in dem erzführenden Sandstein liegenden Konglomerate, die sog. „Wackendeckel, von NO. nach SW. zu mächtiger auf Kosten des ersteren. „In dem Felde Neuschunk-Olligschläger bei Kalenberg sind 4 Lager von Wackendeckel durch ebensoviel Lagen von Knottensandstein von 4—10 m Mächtigkeit getrennt“,<sup>1)</sup> im Felde Meinerzhagen bei Strempt gibt es nur noch 2 Konglomerat- und 2 Sandsteinlagen, und bei Mechernich enthält die 40 m mächtige Sandsteinschicht nur noch ein 1—2 Fuß mächtiges Wackendeckellager. Der Abbau im Griesberg bei Mechernich hat beispielsweise folgendes Profil festlegen lassen:

Oben: Gerölle und Dammerde.

Konglomerat mit roten Sandsteinlagen, dem oberen, erzleeren Hauptbuntsandstein angehörend . . .	3 m
Erstes Knottenflöz. Im obersten Drittel rötlichgelber, erzleerer Sandstein, bloß mit tauben Knotten; im unteren Teil erzführend, weiß . . . . .	9—11 m
Wackendeckel . . . . .	0,6—2 m
Zweites Knottenflöz. Mit Bleiglanzknotten und fein verteilten oder Knotten bildenden Kupferkarbonaten; auch mit Pyromorphit . . . . .	10 m
Grundkonglomerat, stellenweise mit Malachit und Bleiglanz . . . . .	2—4 m

Am Commerner Bleiberg ist das Einfallen der Schichten im allgemeinen unter 5—12° nach Nordwesten gerichtet, wird indessen durch Verwerfungen stellenweise ein steileres. Die wichtigeren dieser letzteren streichen h 5—7<sup>1</sup>/<sub>2</sub> und eine derselben, die Sonnenberger Hauptverwerfung, ist ein Schwerspätgang.

<sup>1)</sup> Blanckenhorn nach v. Dechen.

Übrigens findet sich der Bleigehalt des Hauptbuntsandsteins einige Kilometer südlich von Commern im Konzessionsfeld Isabella vorzugsweise in der oberen Abteilung desselben und zwischen Bleibuir und Bescheid und zwischen Düttling und Gemünd sind in derselben Stufe Blei- und Kupfererze gefunden worden. Bei Bescheid kamen auch Pyromorphitknotten vor. Desgleichen gehören auch die Blei- und Kupfererze von Leversbach an der Roer, etwa 20 km nordwestlich von Mechernich, diesem Horizonte an.

Im 60—70 m mächtigen oberen Buntsandstein, der sich durch deutlichere Schichtung, durch das Auftreten pflanzlicher Reste, durch sein toniges Bindemittel und das Zurücktreten der groben Konglomerate von dem unteren unterscheidet, kommen stellenweise untergeordnete Blei- und vor allem Kupfererze vor. Es sei endlich noch erwähnt, daß an einzelnen Orten auch geringwertige Kupfererzgänge nachgewiesen worden sind. Bei Vlaten „durchsetzt ein Gang von ca. 2 m Mächtigkeit in etwa 9—10 streichend und gegen SW. einfallend, die Schichten des nach NO. einfallenden Buntsandsteins, welche aus Sandstein, feinem Konglomerat und Schieferletten bestehen. Im Gange selbst finden sich in kleinen Nestern Kupferkies, Kupferpecherz und Malachit. Im Liegenden treten zahlreiche, demselben meist parallele Trümer mit denselben Erzen auf.“<sup>1)</sup> Schwerpatrümer sind auch hier im Buntsandstein nicht selten; zwischen Hergarten und Düttling führen solche auch derbe Partien von Kupferkies, Kupferpecherz, Ziegelerz und Malachit.

Der Bergbau bei Mechernich ist wohl schon vor dem Eindringen der Römer von den Ureinwohnern betrieben worden, und zwar zunächst nicht auf die Knottenerze, sondern auf Bleierze, die im Eifelkalk auftreten. 1629 wurden die Herren von Meinertzhagen zu Köln mit dem Bergrecht beliehen. Heute werden die Lagerstätten von dem „Mechernicher Bergwerks-Aktien-Verein“, einem der hervorragendsten deutschen Bergbauunternehmen, abgebaut. Während ehemals nur unterirdischer Betrieb umging und nur die Wackendeckelerze oberirdisch abgebaut werden konnten, findet seit 1852 auch Tagebau statt, der allerdings nur nach Wegräumung von 40—50 m Dachgebirge möglich ist. Im Jahre 1903 mußten 360194 cbm Dachgebirge abgeräumt werden, um 258568 cbm<sup>2)</sup> Knottensandstein mit 1,5% Blei zu fördern. Die Knotten, welche nur 4—10% des Gewichts der Flözmasse bilden, enthalten 15—20% Blei. Auf 100 kg Blei kommen ungefähr 18—25 g Silber; die Erze führen u. a. auch geringe Mengen von Kobalt und Nickel. Die aufbereiteten Erze dienen zum größten Teil als Schmelz-, untergeordnet als Glasurerze.

In den alten Bauen des Meinerzhagener Bleibergs hat man nach v. Dechen sinterartige fingerdicke Neubildungen von Weißbleierz aufgefunden. Ihre Bildung kann höchstens 100 Jahre beansprucht haben.

Man hat früher wohl an eine mechanische Ablagerung der Knotten gedacht; gleich wie die Quarzkörnchen des Sandsteins, so sollten auch sie von der Zer-

<sup>1)</sup> Blanckenhorn nach v. Dechen.

<sup>2)</sup> Mit Ausschluß der Förderung auf der Grube Gute Hoffnung bei Bescheid (9070 cbm).

störung älterer Gebilde herrühren, Seifenbildungen sein. Es würde sich aber dann die ziemlich gleichmäßige Verteilung derselben durch den Sandstein nicht erklären, und sie müßten vielmehr streifenweise und geschichtet und vor allem im Liegenden des Muttergesteines anzutreffen sein. Dazu sind die Knotten Gemenge von Bleiglanz und Quarzkörnern, zeigen oberflächlich nicht selten ringsum Kristallflächen, ja sie haben sogar würfelförmige Umgrenzung. Es müssen konkretionäre Bildungen in situ sein, d. h. die Erze waren ursprünglich in Lösung zwischen den Sandkörnern vorhanden und haben sich dort um Kristallisationszentren verfestigt. Dabei ist aber zweierlei möglich: Entweder sind die Knotten durch Imprägnationen von Spalten aus entstanden; das Vorkommen wäre also dann epigenetisch und als eine Art der Gangfüllung aufzufassen. Diese Ansicht ist wohl zuerst von Haber ausgesprochen worden; nach ihm sollen die Erze nur dort auftreten, wo sich Verwerfungen finden, diese letzteren also die Erzbringer gewesen sein. Einen Beweis für seine Annahme sieht er darin, daß auf den Verwerfungsspalten gleichfalls Bleierze vorkommen und daß von ihnen aus die Erzführung abnehmen soll. Die Angaben Habers haben bezüglich der Abnahme des Erzgehaltes mit der Entfernung von den Klüften keine Bestätigung seitens anderer Beobachter gefunden. Die Blei- und Kupfererze liegen sowohl zu Commern wie zu St. Avold in gesonderten Zonen, was unerklärlich bliebe, wenn sie durch Infiltration eingewandert wären. Gegen eine solche spricht auch nach Simon der Umstand, daß bei St. Avold und Wallerfangen immer nur gewisse, 6—60 cm mächtige Bänke des Sandsteins die Kupfererze enthalten, die ebenso porösen liegenden und hangenden Sandsteinbänke aber erzleer sind. Die Erze erstrecken sich ferner durch Zonen, die einen von den durchschneidenden Klüften ganz unabhängigen Verlauf besitzen; es ist schon von Simon und v. Groddeck<sup>1)</sup> betont worden, daß die Erzanreicherung in der Nähe der Klüfte und die Ansiedelung der Karbonate auf den letzteren sehr gut durch eine Zuwanderung in die letzteren erklärt werden kann.

Eine Abhängigkeit der Erzführung von den durchsetzenden Klüften müßte seit langer Zeit den Bergleuten bekannt sein und von ihnen zur Auffindung neuer Erzmittel benutzt werden können; das ist aber durchaus nicht der Fall, und in Mechernich weiß man nichts von einer solchen Abhängigkeit. Die epigenetische Bildung der Commerner Bleierze mag immer wieder behauptet werden; die syngenetische Ausfällung der Erze zu gleicher Zeit mit dem Absatz des Sandsteins bleibt doch die natürlichere Annahme. Die Reduktion der Metallsalze und wohl auch die Bildung der Konkretionen erfolgte dann zur Zeit der Sandablagerung. Über die Art der beteiligten Metallverbindungen selbst sind wir in völliger Unkenntnis. Es ist auch zwecklos, die in dem Eifelkalkstein verbreiteten Bleiglanzlagerstätten in irgend einen genetischen Zusammenhang mit den Commerner Erzlagern zu bringen. Nur soviel wird man annehmen müssen, daß sich in der Buntsandsteinzeit blei- und kupferhaltige Gewässer in den Sand ergossen haben.

Gurlt hat das Bleierzvorkommen von Maubach an der Roer im Kreis Düren genauer beschrieben. Nach ihm treten die Erze dort in den Grund-

<sup>1)</sup> Erzlagerstätten, 99, 100, 305, 306.

konglomeraten der Buntsandsteinformation unmittelbar über der Grauwacke auf; der Bleigehalt ist ein besonders reicher und ist nahe der Tagesoberfläche an Weißbleierz, mehr in der Teufe an Bleiglanz gebunden. Das Erzvorkommen ist auf mehr als 2000 m im Streichen und etwa 500 m in der Breite nachgewiesen worden; schon im XIII. Jahrhundert hat dort Bergbau stattgefunden.

In dem Buntsandsteingebiet, welches sich links der Saar gegen Lothringen zu erstreckt, liegt von Saarlouis bis in die Gegend von **St. Avold** und von dort bis in die Gegend von Forbach reichend, eine große Zahl von Kupfer- und Bleierzvorkommnissen,<sup>1)</sup> welche in früheren Zeiten der Anlaß zu einem stellenweise sehr intensiven Bergbau gewesen sind. Die im allgemeinen flach gegen Süden einfallende Trias jenes Gebiets gliedert sich nach E. Weiß<sup>2)</sup> in folgende Abteilungen:

Oben: **Muschelkalk.**

Unterster Muschelkalk, sandig-tonig ausgebildet.

Oberer Buntsandstein.

„Grenzletten“ . . . . .	0,9—1,3 m
„Steinbrecherbank“, guter Bausandstein, häufig mit Kupfererzen, reich an Pflanzenresten („Voltziensandstein“).	} 19 m
Roter, drusiger, eisenreicher Sandstein mit Dolomitknollen.	

Roter Letten. Grenzschieht.

Mittlerer (und unterer?) Buntsandstein (Hauptbuntsandstein Beneckes.)

Konglomeratbank, manchmal mit Kupfererzen . . . . .	9 m
Vogesensandstein, grobkörnig . . . . .	über 300 m

Die Kupfererze sind fast stets Malachit und Lasur, seltener „Schwarzkupfererz“ (Kupferglanz?), die Bleierze Weißbleierz und Bleiglanz. Während die Bleierze nur im Voltziensandstein angetroffen worden sind, sind die Kupfervorkommnisse sowohl an den mittleren wie auch an den oberen Buntsandstein gebunden. Die Verbreitung der bauwürdigen Erze durch die Formation ist keine gleichmäßige. Sie sind in einer langen Kette von Vorkommnissen abgebaut worden zwischen Ausen, Beckingen, Wallerfangen, Falk und dem Beringer Wald, d. i. eine Entfernung von 22 km, und weiter südlich am Castelberg im Hochwald, am Bleiberg bei St. Avold, am Steinberg und bei Helling, südwestlich von Forbach. Diese zweite Reihe ist ca. 10 km lang und durch eine 11 km betragende Strecke von ersterer getrennt.

Die wichtigsten Kupfererzbaue waren diejenigen am Barbara- und am Limberg zu Wallerfangen bei Saarlouis. Simon sagt: „Die Kupfererze finden sich hier als Lasur und als Malachit (wie im geschwefelten Zustande) im bunten Sandstein in verschiedenen, wenig mächtigen, unter sich und den Gesteinschichten parallelen Ablagerungen; und es findet sich ferner in der obersten Konglomeratbank des Vogesensandsteins auf deren ganzer Mächtigkeit schwarzes Kupferoxyd neben Lasur und Malachit nesterweise eingelagert.“ Ferner gilt dort die Regel, „daß die Kupfererzablagerungen sich immer in denjenigen Ge-

<sup>1)</sup> Simon, Kupfer- und Bleierzablagerungen im bunten Sandsteine und Vogesensandsteine der Umgegend von Saarlouis und St. Avold; Berg- u. Hüttenm. Ztg., 1866, 412—415, 421—423, 430—433, 440—441. — Jensch, Die Kupferlasurgruben bei Wallerfangen, Kreis Saarlouis; Ztschr. f. angew. Chemie, 1895, 292—293.

<sup>2)</sup> Weiß, Erläuterungen z. geol. Spezialkarte von Preußen; Blatt Saarlouis, 1876. — Benecke, Über die Trias in Elsaß-Lothringen und Luxemburg; Abh. z. geol. Spezialkarte von Elsaß-Lothringen, I, Heft IV, 1877, 535—567.

birgsschichten befinden, welche unmittelbar über oder unmittelbar unter der Dolomitschicht liegen“. Das Vorkommen in dem Konglomerat ist auf den Barbaraberg beschränkt. Der Erzgehalt der Schichten ist nicht gleichmäßig verteilt, sondern er ist in einer Reihe von kettenartig in demselben Horizont liegenden

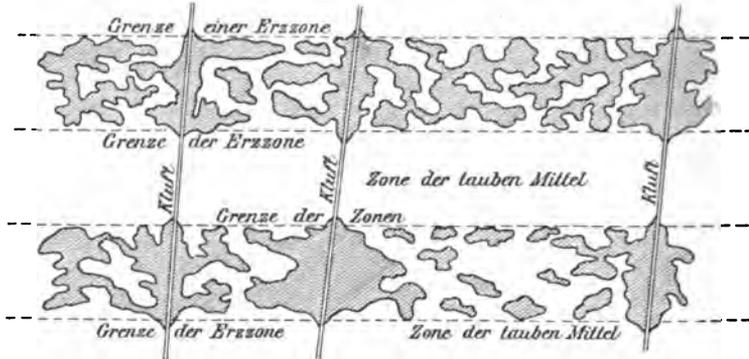


Fig. 98. Vorkommen der Kupfererze zu Wallerfangen und St. Avold. Grundriß. (Simon, 1866.)

Mitteln angereichert. Diese „Zonen“ werden von senkrecht dazu, d. i. von etwa N.—S. streichenden Klüften durchzogen, welche selbst innerhalb der Erzmittel eine Ausfüllung von Malachit und Kupferlasur, manchmal in hübschen Kristallisationen, erfahren haben. Da zu beiden Seiten dieser Klüfte das Gestein besonders reich mit Erzen imprägniert ist, so spielten sie bei der Aufsuchung der Mittel eine nicht unwesentliche Rolle.

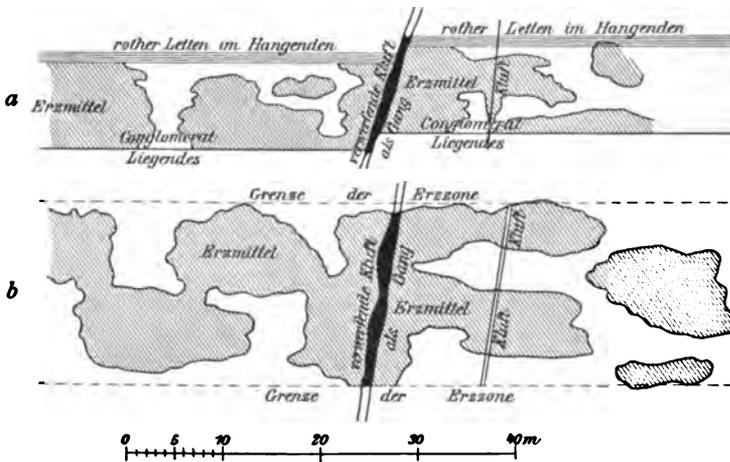


Fig. 99. Eine NS. streichende, 70° O. einfallende Kluft von ca. 0,5 m Mächtigkeit verwirft das Erzlager um 2 m. Sie ist nur im Bereich des Erzmittels erfüllt von Kupfererz, Kieseisenstein und Schwespat. Kupferlager im Hochwald. a Profil, b Grundriß. (Simon, 1866.)

so spielten sie bei der Aufsuchung der Mittel eine nicht unwesentliche Rolle.

Simon gibt zu, daß man wohl auf den Gedanken kommen könne, die Klüfte seien überhaupt die Zufuhrkanäle für eine epigenetische Imprägnation

des Sandsteins gewesen; es erscheint ihm das aber unwahrscheinlich, und er erklärt die Erscheinung folgendermaßen: „Der Grund hierzu liegt darin, daß die Kupfererzmittel sich in der Regel mehrmals übereinander wiederholen und oft auf bedeutende Mächtigkeit das Gestein imprägnieren, ohne daß ein so imprägniertes Gestein immer abbauwürdig wäre. Wird nun ein solches Mittel von einer Kluft durchschnitten, so ziehen sich alle Wasser und Lösungen nach dieser Kluft hin. Die Folge davon muß sein, daß die Kupfererze sich in den höher

gelegenen Teilen eines armen Erzmittels nach und nach alle auslaugen, der Kluft herabfolgen und über dem aus Letten gebildeten Liegenden zu beiden Seiten der Kluft und in ihr selbst sich wieder niederschlagen und auf diese Weise gedachte Anreicherung hervorbringen.“ Die Mächtigkeit der kupferreicheren Lager schwankt zwischen wenig Zoll und 2 Fuß. Am Limberg kennt man im Voltziensandstein 4 Erzlagen. „Das oberste ist nur  $\frac{1}{2}$  Zoll mächtig, d. h. es sind erbsen- und bohnen große Körner von erdiger Kupferlasur in einem dünnen, weißgrauen Lettenlager des oberen Teils der Steinbrecherbank. Etwa 18 Fuß darunter ist eine zweite Ablagerung von Kupferlasur in einer eisenschüssigen, glimmerreichen Schicht mit Pflanzenversteinerungen; noch einmal 14 Fuß tiefer darunter folgt die eigentliche bauwürdige Ablagerung über einem lettigen Liegenden. Das Gestein ist hier meist weißgelb und über dem Letten 1—2 Fuß mächtig, von reichlich eingesprengter Kupferlasur, schön blau gefärbt. Der liegende Letten führt Knollen von derber erdiger Kupferlasur und Malachit von der Größe einer Nuß bis von Faustgröße. Simon berechnet den Erzgehalt eines Quadratlachers (ungefähr 4 qm) zu 50 Ztr. 3prozentigen Erzes oder  $1\frac{1}{2}$  Ztr. Kupfer.

Am Barbaraberg lassen sich noch jetzt 300 alte Schächte von 60 bis 150 Fuß Teufe nachweisen; die Länge des Erzfeldes betrug 1300 m, die mittlere Breite 180 m. Man gewann dort im XVI. Jahrhundert nur die Lasur, um sie als Malerfarbe nach Italien zu verkaufen.

Am sog. großen Zoll bei Falk in Lothringen baute man im Voltziensandstein Bleierze ab, welche ganz und gar an die Mechernicher Knottenerze erinnern. Weißbleierz in allerfeinster Verteilung ist zwar die Hauptsache des Vorkommens, daneben aber finden sich auch „dunkel gefärbte, mit Sand verbackene, erbsengroße Konkretionen von Bleiglanz“. In tieferen Horizonten ging außerdem vor langen Jahrhunderten ein Kupferbergbau um. Ähnliche Bleilagerstätten sind auch im Beringer Wald, am Castelberg und vor allem am Bleiberg unmittelbar bei St. Avold abgebaut worden. Über letzteren sagt Simon: „In einer 48 Fuß mächtigen Sandsteinbank sind mehr oder weniger reiche Bleierzester abgelagert. Das Erz besteht zum Teil in fein eingesprengtem Weißblei, zum Teil in Knottenerz und zum geringen Teil in derben Bleiglanzabsonderungen, welche die Mächtigkeit von  $2\frac{1}{2}$  Fuß erreichen und nesterweise über dem Liegenden, mit Kalkmitteln wechselnd, da und dort verbreitet sind.“ 300 m vom Ausstrich der bleiglanzführenden Sandsteine entfernt setzt eine OW. streichende, den Buntsandstein gegen den Muschelkalk verwerfende Hauptkluft auf. Simon hält es nicht für undenkbar, daß dieselbe ebenso wie den Kalk- so auch den Bleiglanzgehalt dem Sandsteine zugeführt hätte; doch sind die Abbaue nicht soweit vorgedrungen, um die Frage der Entscheidung näher zu bringen. Der Erzgehalt des Bleiberges ist ein sehr bedeutender gewesen, die unmittelbare Nähe der Stadt ist indessen einer Wiederaufnahme der Gewinnung hinderlich. Knottenerze sind seltener; Weißbleierz, das übrigens auch in ausgezeichnete Weise als sekundäres Gebilde in den alten Bauen und auf Klüften vorkommt, machte die Hauptmasse des Reichtums aus. Der Silbergehalt des Bleiglanzes beträgt nach Hauchecorne<sup>1)</sup> etwa 0,0005 ‰.

Auf der Grube Hochwald, 4 km westlich von St. Avold, finden sich wie am Barbaraberg Kupfererze, nämlich das blaue und grüne Karbonat und Schwarzkupfererz im Konglomerat im Liegenden der Lettenschicht. „Die kupfererzführende Bank ist im Hangenden begrenzt durch eine gleichmäßig anhaltende Lettenschicht; nach dem Liegenden zu wird sie zu einem harten, von Kupfererzen durchdrungenen Wackenkonglomerat, welches auf einem feinkörnigen, pelzigen, gelblich-roten, vollständig erzfreien Sandstein aufruht. Die Kupfererzmittel ketten sich aneinander und bilden auf diese Weise, wie in Wallerfangen,

<sup>1)</sup> Ztschr. d. deutsch. geol. Ges., XXXI, 1879, 209.

langgestreckte Erzzone von 18—23 m Breite, 9 m Mächtigkeit und von unbestimmter Länge, welche in einzelnen Zonen schon über 150 m nachgewiesen ist. Die Kupfererze bilden oft das einzige Bindemittel des Nebengesteins, welches aus groben Sandkörnern bestehend weder Ton noch Kalk und nur sehr wenig Eisen enthält.“ Auch hier sind die durchschneidenden Klüfte im Bereich der Erzmittel erzführend und umgekehrt solch letztere dort zu erwarten, wo Klüfte die „Erzzone“ durchqueren. Kupfererze sind endlich auch am Steinsberg, 2 km nordöstlich von St. Avold im Konglomerat und zwischen Homburg und Hellingering im Voltziensandstein gefunden worden.

Der Bergbau von Wallerfangen-St. Avold ist uralt und sicherlich schon von den Römern betrieben worden. Nach etwa 70jährigem Stillstand wurde er im Jahre 1855 stellenweise wieder aufgenommen, kam aber etwa 1866 größtenteils neuerdings zum Erliegen. In den 70er Jahren des vorigen Jahrh. wurde noch am Castelberg gearbeitet.<sup>1)</sup> Die Kupfererze ließen eine sehr billige Zugutmachung durch Laugereibetrieb zu.

Das wichtigste Kupfererzvorkommen im Fürstentum Waldeck war dasjenige in der Umgegend von Twiste,<sup>2)</sup> südwestlich von Arolsen. Kupferglanzgrauen und oxydische Kupfererze waren zwar an zahlreichen Orten, aber unregelmäßig und auf kleine Erstreckungen in den Buntsandstein eingelagert. Sie wurden von 1854—1861 abgebaut. Über ihre Entstehung ist nichts bekannt.

In Bayern enthält die untere Stufe des mittleren oder bunten Keupers, der sog. Grundgipskeuper, auf weite Erstreckung hin in den Schichten der Myophoria Raibliana Bänke harter Mergel, welche reichlich Bleiglanz führen. Thürach<sup>3)</sup> sagt: „Die diese Bank auszeichnenden Erze, Bleiglanz und Kupferkies, fehlen kaum irgendwo auf größere Strecken. Der Bleiglanz ist großkristallinisch und meist noch völlig frisch, zuweilen aber auch von einem erdigen, weißen Rand umgeben, welcher größtenteils aus kohlen-saurem Blei besteht. Selten zeigen sich Oktaeder von Bleiglanz mit eingesunkenen Flächen, wie solche in Franken bei Junkersdorf und Unfinden zwischen Haßfurt und Hofheim vorkommen. Der Bleiglanz ist jedoch nicht auf eine Bank beschränkt, er findet sich auch noch in anderen der Hauptbank naheliegenden Steinmergel- und Sandsteinbänken, sowie auch schon in den Dolomitbänken und im Gips der Grundgipsschicht, wenn auch sehr selten . . . Der Kupferkies ist selten noch frisch zu finden, häufig sind dagegen seine Zersetzungsprodukte, besonders Malachit, seltener Kupferlasur, Kupferpecherz und Brauneisen- oder Ziegelerz. Auch Kupferglanz scheint vorzukommen. Selten ist Zinkblende . . . Häufiger noch als diese Erze ist ein weißer oder hellrötlicher Schwerspat in blätteriger oder faseriger Beschaffenheit.“ Und Gumbel<sup>4)</sup> sagt: „Weit verbreitet ist die sog. Bleiglanzbank, ein oft oolithischer und poröser Steinmergel aus 93% normalem Dolomit mit geringen Mengen von Eisenkarbonat, 6% Ton, 0,08% Quarz und 0,02% organischer Substanz bestehend, welche Bleiglanz in großkristallinischen Ausscheidungen, seltener Kupferkies (mit seinem Zersetzungsprodukte), Zinkblende, häufiger Schwerspat umschließt. Der Bleiglanz ist silberleer. Diese ausgezeichnete Lage nimmt in ganz Franken ziemlich konstant Anteil an der Zusammensetzung der Schichten, so daß es nicht nötig ist, einzelne Fundorte näher zu bezeichnen.“

<sup>1)</sup> Über die frühere Geschichte siehe Jaquot, Ann. de l'académie impériale de Metz, 1858; zitiert von Simon.

<sup>2)</sup> Beschreibung der Bergreviere Arnsberg, Brilon und Olpe usw., 1890, 150.

<sup>3)</sup> Übersicht über die Gliederung des Keupers im nördlichen Franken im Vergleich zu den benachbarten Gegenden; Bayr. geogn. Jahresh., I, 1888, 95—96.

<sup>4)</sup> Geologie von Bayern, II, 1894, 736.

Über das Vorkommen von Bleiglanz im Keuper Württembergs schreibt E. Fraas:<sup>1)</sup> „Spuren von Bleiglanz finden sich fast überall in Württemberg in der sog. „Bleiglanz- oder Corbulabank“ des unteren Gipskeupers. Reich an Bleiglanz und Kupfererzen ist aber nur die Gegend von Heilbronn, und auch dort ist das Vorkommen an die Corbulabank gebunden. Man darf also den Bleiglanz als leitend für diesen Horizont ansehen.“ Am Trappensee, 4 km östlich von Heilbronn, enthalten die Steinkerne von Versteinerungen der Bleiglanzbank Bleiglanz; auch Baryt kommt in der Bank vor. Im gleichen Horizont und gleichfalls in den unteren Gipsmergeln kehrt die Bleiglanzbank wieder am Stiftsberg, 2 $\frac{1}{2}$  km nördlich von Heilbronn. Sie ist 29 cm mächtig und zeigt, wie namentlich auch die darunter liegende Gipsschicht, Anflüge von Malachit und Kupferlasur; im Gips liegen seltene Bleiglanzkristalle mit kastenartig vertieften Flächen.<sup>2)</sup> v. Kraatz<sup>3)</sup> hat am Stiftsberg bei Heilbronn auch das Vorkommen von Gelbbleierz beobachtet. Übrigens wird das Auftreten der Bleiglanzbank in Württemberg noch von folgenden Orten erwähnt: Entringen und Herrenberg am Goldersbach, Großbottwar am Kochersberg, Spitzberg bei Tübingen, am Wunnenstein bei Wingershausen, am Stallberg bei Rottweil und im Pragtunnel bei Stuttgart.<sup>4)</sup> Sie findet sich nach Thürach<sup>5)</sup> auch im nördlichen Thüringen.

Wenn die syngenetische Natur des Bleiglanzes innerhalb dieses in vertikaler Ausdehnung mehr oder weniger präzise umschriebenen Schichtenniveaus wegen seiner außerordentlich weiten Verbreitung kaum angezweifelt werden dürfte, so scheint doch die Entstehungsweise gerade des einzigen wichtigeren Bleiglanzvorkommens innerhalb des Keupers, nämlich desjenigen in der Gegend von **Freihung**<sup>6)</sup> in der Oberpfalz und 17 km davon bei Pressath, nicht festzustehen.

Der dortige Keuper zeigt in seiner Gesteinsausbildung den Einfluß des nahen, ihn buchtförmig umrahmenden Urgebirges als ehemalige Küste; er ist vorwiegend sandig entwickelt und umschließt viel Treibholzreste. Am Barbaraberg bei Pressath enthält ein „weißer, feinkörniger, grün gestreifter, weiße Tonerde führender Sandstein“ Bleierzdrusen und -Knollen und überlagert eine 3 m mächtige Bank von gelbbraunem Sandstein mit Tonbutzen und von Bleiglanz imprägniertem Holz. Dieser bleiglanzführende Sandstein hat die Lokalbezeichnung Benker Sandstein; seine stratigraphische Stellung ist nicht ganz sicher.<sup>7)</sup>

Zu Freihung ist der Keuper durch mehrere bis 54 m tiefe Schächte, durch Querschläge und Strecken sehr wohl aufgeschlossen und hat folgendes Profil gezeigt:

1) Briefliche Mitteilung an Bergeat.

2) Leuze, Ber. ü. d. XXV. Vers. des oberrhein. geol. Vereins, 1892, 21—22.

3) Ber. ü. d. XXVI. Vers. des oberrh. geol. Vereins, 1893, 26.

4) Leuze, l. c. Siehe ferner: E. Fraas, Begleitworte zu den geognostischen Atlasblättern Neckarsulm, Öhringen und Oberkessach. — v. Alberti, Überblick über die Trias, 1864, 23.

5) l. c. 97 und Geogn. Jahresh., II, 1889, 84.

6) Gümbel, Geologie von Bayern, II, 1894, 757—759. — Thürach, Übersicht über die Gliederung des Keupers im nördlichen Franken im Vergleiche zu den benachbarten Gegenden; Geogn. Jahresh., I, 1888, bes. 150—153. — Kohler, Die Amberger Erzlagertstätten; ebenda XV, 1902, 11—56, bes. 38—40, 49—51.

7) „Sicher ist, daß der bleierzführende Sandstein zwischen den Berggipsschichten und der Hauptmasse des dem unteren Gipskeuper entsprechenden Sandsteins lagert.“ (Thürach, Geognost. Jahresh., II, 1889, 82—84. Siehe auch: Ders., ebenda I, 1888, 79.)

1. Oben rotbraune und hellrötliche Sandsteinschichten . . . . .	20,00 m
2. Weiße, mittel- und grobkörnige Sandsteine mit Lettenschieferzwischenlagen und einzelnen Bleierzstreifen . . . . .	10,00 "
3. Haupterzflöz, weißer, locker gebundener Sandstein, tonig, mit 5—10% Weißbleierz und Bleiglanz . . . . .	1,05—3,00 m
4. Rotbraune Lettenschiefer und dünnplattige Sandsteine mit Bleierzen . . . . .	0,005—2,00 m
5. Weißer toniger, erzführender Sandstein . . . . .	2,00 m
6. Rotbrauner Lettenschiefer und erzführende Sandsteinstreifen . . . . .	1,05 "
7. Weißer erzhaltiger Sandstein (unteres abbauwürdiges Flöz) . . . . .	3,00 "
8. Rotbrauner und grünlicher Lettenschiefer . . . . .	0,05 "
9. Weißer, hellroter und blauroter, bläulichrot-gestreifter und gefleckter Sandstein mit einzelnen Weißbleierzknollen und rotbraunen Lettenschieferzwischenlagen . . . . .	30,00 "

Die Schichten fallen unter 14—16° nach SW. „Der ganze weißbleierzführende Schichtenkomplex (Nr. 2—7 des obigen Profils) hat in den Gruben von Freihung eine Mächtigkeit von 17—20 m. Die einzelnen Bänke selbst zeigen dabei eine sehr wechselnde Dicke, keilen oft ganz aus, während andere sich verstärken oder neue Schichten sich einschieben. Die Sandsteine sind in der Tiefe fast alle weiß bis hellgrau, selten manganfleckig, mittel- bis grobkörnig, reich an Kaolin und sehr locker, so daß sie sich leicht ausbrechen lassen. Sie enthalten das Weißbleierz, dessen Menge in den bauwürdigen Lagen meist 2—10% beträgt, in Form von kleinen, in einzelnen Lagen auch stecknadelkopf- bis erbsengroßen, rundlichen Körnern, welche sich leicht auswaschen lassen und dann in Haufen als feiner Sand erscheinen. Das Bindemittel des Sandsteins bildet das Weißbleierz nur in den harten und schweren Knollen, welche in großer Zahl unregelmäßig verteilt im lockeren Sandstein stecken und bis über 30% Erz enthalten . . . . Am reichsten an Weißbleierz sind fußdicke Knollen und Bänke, welche in den Lettenschiefern der Schicht 4 lagern. Dieselben bestehen vorwiegend (bis zu 80%) aus grauem, derbem Weißbleierz und enthalten nur geringe Mengen Ton und Sand . . . . Diese erzreichen Knollen zeigen auch häufig Drusen, welche mit schönen Weißbleierzkristallen ausgekleidet sind. In mehreren Lagen, besonders im Hauptflöz, zeigt sich das Weißbleierz in unregelmäßig abgegrenzten Partien ganz oder teilweise durch Bleiglanz ersetzt.“ (Thürach.) Auf Klüften kommt stellenweise kristallisiertes Grünbleierz vor.

Das Hauptflöz enthält ebenso wie der erzreiche Sandstein von Pressath zahlreiche bis über 0,5 m lange und 0,2 m dicke, kohlige Stammstücke, welche reichlichen silberfreien Bleiglanz führen. „Um die Pflanzenreste herum ist der Sandstein gewöhnlich arm an Bleierzen. Bei Wollau sind die Holzstücke stark gequetscht und liegen in blaugrauen, sandigen Lettenschiefern dicht unter dem manganreichen Sandstein, der dem Freihunger Hauptflöz entspricht. Hier ist der Sandstein selbst bereits arm an Bleierzen und scheint der Bergbau vorwiegend auf diese bleiglanzhaltigen Hölzer gerichtet gewesen zu sein.“ (Thürach.)

Der Bergbau ist in den achtziger Jahren des vorigen Jahrhunderts zum letzten Male von einer englischen Gesellschaft wieder aufgenommen worden, da sich aber eine Verarmung der Flöze nach der Teufe herausstellte, 1891 wieder aufgegeben worden. 1888 förderte man 68000 Ztr.

Außer zu Freihung kommen solche bleierzführende Keupersandsteine nicht nur zu Pressath (17 km nördlich von dort), sondern auch bei Hirschau (8 km südlich von Freihung), also in einem recht erheblichen Umkreise vor.

Gegen die zuletzt noch von Thürach angenommene sedimentäre Entstehung des Freihunger Bleiglanzlagere sind von Pošepný<sup>1)</sup> Einwände erhoben

<sup>1)</sup> Genesis der Erzlagerstätten; Leob. Jahrb., XLIII, 1896, 173—174.

worden, der dasselbe, wie alle Sulfidlager für eine jüngere Imprägnation gehalten hat. Kohler hat neuerdings darauf hingewiesen, daß Freihung und Vilseck einer großen NW.—SO. streichenden Verwerfung benachbart seien und daß möglicherweise auch an den anderen genannten Stellen von solchen Verwerfungsspalten her eine Imprägnation mit Bleierz stattgefunden haben könne, wie weiter südlich bei Amberg der Dogger durch eisenhaltige Säuerlinge in Eisenerz verwandelt worden sei. Direkte Beziehungen zwischen jenen bestehenden oder vermuteten Verwerfungen zu den Erzlagern sind noch nicht nachgewiesen worden. Nach Kohler soll ferner das primäre Erz das Weißbleierz gewesen und dieses auf der Lagerstätte durch die Pflanzenreste zum Sulfid reduziert worden sein. Der genannte Autor bringt in Erinnerung, daß der in Sandsteinen allgemein verbreitete Kaolin die Eigenschaft habe, aus Metalllösungen Salze zu adsorbieren und erklärt damit eine Epigenese der Blei- und Kupfererz-lager von Freihung, Mechernich usw.<sup>1)</sup> Es versteht sich aber von selbst, daß diese Adsorption auch während der syngenetischen Imprägnation des kaolin-haltigen Sandes eine Rolle gespielt haben könnte.<sup>2)</sup> Die auffällige Tatsache, daß das von Spalten her zugeführte Bleikarbonat für sich allein ohne Gangart und weitere metallische Begleiter (nur mit Mangan) auftritt, begründet Kohler mit einer „auswählenden Adsorption.“

Die Frage nach der Entstehung der oberpfälzer Bleiglanzlager ist trotzdem noch nicht gelöst. Vor allem fehlen noch genauere Angaben über die Entfernungen der Erzvorkommnisse von den tatsächlich nachweisbaren Spalten und über das Verhalten der zwischen den letzteren liegenden entsprechenden Keuper-sandsteine. Das weit verbreitete Auftreten von Bleiglanz in der „Bleiglanz-bank“ des Keupers und die besondere Lage des oberpfälzer Vorkommens in einer zweifellosen Uferbildung nahe einem alten Urgebirge sind einstweilen noch beachtenswerte Momente bei der Erklärung ihrer Entstehung.

Am östlichen Rande der Cheshire-Ebene,<sup>3)</sup> südlich von Manchester in England sind kupferführende Sandsteine und Konglomerate des unteren Keupers abgebaut worden. Dieselben ruhen über roten und gefleckten Sandsteinen, welche dem Buntsandstein gleichgestellt werden. Die unter 5—10<sup>0</sup> einfallenden Schichten zeigen infolge einer Verwerfung eine Wiederholung, so daß die kupferführenden Lagen an zwei Stellen, nämlich zu **Alderley Edge** im Südwesten und zu **Mottram St. Andrews** im Nordosten zutage treten; die beiden Abbaue sind etwa 1½ km voneinander entfernt. Das Kupfer ist in Form von Karbonaten in dem Zement der Konglomerate und Sandsteine enthalten. Zu Mottram hat man vor etwa 30 Jahren in den Konglomeraten die Kupfererze entdeckt und eine Zeit lang mit schlechtem Erfolg abgebaut. 1896 war der Bergbau wieder aufgelassen. Zu Alderley bilden die Erze drei Lager im Sandstein; die Gesteinsreihe ist folgende:

Oberflächentüberdeckung und roter Sandstein	31,0 m.
3. Lager . . . . .	5,5 "
Roter toniger Sandstein . . . . .	3,6 "
2. Lager . . . . .	5,5 "
Blauer toniger Sandstein . . . . .	1,8 "
1. Lager . . . . .	20,1 "
	67,5 m.

<sup>1)</sup> Siehe auch Kohler, Adsorptionsprozesse als Faktoren der Lagerstättenbildung und Lithogenesis; Ztschr. f. prakt. Geol., 1903, 49—59.

<sup>2)</sup> Dabei bleibt es aber noch höchst fraglich, ob der vorhandene Kaolin wirklich so große Bleisalzmassen zurückgehalten haben kann.

<sup>3)</sup> Phillips und Louis, Ore deposits, 1896, 266—269, Lit.

Das 1. Lager ist bis zu 600 m im Fallen abgebaut worden. Die Erze waren blaue und grüne Kupferkarbonate, etwas Weißbleierz, seltener Bleiglanz, Pyromorphit und Vanadinit und enthielten Eisen, Mangan und Kobalt, sowie etwas Schwerspat. Das 3. Lager war überhaupt nicht abbauwürdig. Der Kupfergehalt verlor sich an der hangenden und liegenden Grenze der Lager ziemlich rasch und betrug auch in den abbauwürdigen Zonen nur 1,4<sup>0</sup>/<sub>0</sub>. Das Erz wurde durch Auslaugung zugute gemacht und lieferte bis 1877 gute Erträge. Es scheinen mehr äußerliche Gründe als eine Verarmung der Lagerstätte die Ursache gewesen zu sein, derenthalb der Bergbau von Alderley in dem gleichen Jahre zum Erliegen kam.

Auch hier machte man die Beobachtung, daß das Weißbleierz im allgemeinen an andere Gesteinszonen gebunden war als die Hauptmasse der Kupfererze.

320 engl. Meilen südlich von Salt Lake City und nahe der Grenze von Arizona liegen die Silbererzlagerstätten von **Silver Reef**<sup>1)</sup> in Utah. In der Nachbarschaft der Stadt erheben sich im Umkreis Berge von älteren und jüngeren Eruptivgesteinen, während im übrigen weithin, viele hundert Fuß mächtig, vorwiegend rote und weiße Sandsteine verbreitet sind, denen triasisches Alter zugeschrieben wird. Stellenweise sind dieselben reich an Stamm- und Zweigstücken fossiler Pflanzen, im übrigen aber an Fossilien arm. Zwischen die Sandsteine sind Schiefertone eingelagert, aus denen sich die schwerer zerstörbaren Sandsteinfelsen ruffartig erheben. Das Austreichen der Schichten am Rande der massigen Gesteine ist ein halbmondförmiges, das Einfallen 15—35° gegen die Umrahmung der Bucht. Drei Massen härteren Sandsteines treten als rauhe Felswälle (reefs) besonders deutlich hervor: das White Reef, das Buckeye Reef und das Butte Reef, von denen ersteres das Hangendste, letzteres das Liegendste ist. Die Erze sind gebunden an die beiden ersteren; sie sind durch einen etwa 150 m mächtigen Komplex von tonigen Sandsteinen und Tonschiefern geschieden und einander so ähnlich, daß man sie früher für die durch eine Verwerfung getrennten Teile derselben Masse hielt, eine Ansicht, die jetzt aufgegeben ist.

Neben den Silbererzen brechen, allerdings sehr untergeordnet, auch karbonatische Kupfererze ein. Gegenstand des Bergbaues bilden nur erstere; sie bestehen über der Grundwasserzone aus Chlorsilber, in den größeren Teufen aus Silberglanz und gediegen Silber. Die Erze finden sich in feinsten Verteilung, dem Auge häufig nicht bemerkbar, vorzugsweise in dem Sandstein. Nach Rothwell soll der letztere um so reicher sein, je weicher und rissiger er ist; auch der Tonschiefer enthält manchmal Silbererze, indes nur auf den Gleitflächen und Rissen. Die Verteilung des Erzes im Sandstein ist eine ungleichmäßige in reicheren und ärmeren Mitteln. Solche können mehrfach übereinander liegen; so erwähnt Rolcker das lokale Auftreten von drei „shoots“, welche durch

<sup>1)</sup> Rolcker, The silver sandstone district of Utah; Trans. Am. Inst. Min. Eng., IX, 1881, 21—33. — Rothwell, The silver sandstone formation of Silver Reef; Eng. Min. Journ., XXIX, 1880, 25, 48, 79 (Profile). — Newberry, Report on the properties of the Stormont Silver Mining Company; ebenda XXX, 1880, 269. — Ders., The Silver Reef Mines; ebenda XXXI, 1881, 4—5. — Jackson, Mining and Scientific Press, XLII, 1881, 19. Febr. und 16. April. — vom Rath, Sitzungsber. d. niederrh. Ges., 1887, 199—200.

4 bzw. 30 Fuß unproduktives Gestein getrennt sind. Auch eine Zerteilung eines Mittels in mehrere übereinander liegende findet statt. Verwerfungen spielen keine große Rolle; manchmal führen die Klüfte außer Letten auch etwas Silbererz.

Pflanzenreste sind, wie gesagt, häufig; ihr Auftreten ist indessen nach Rolcker keine Bedingung für die Silberführung des Gesteines. Bald ist dasselbe reich an Pflanzenresten und arm an Silber und umgekehrt; häufig sind die letzteren bis ins Innere hinein mit Silbererz imprägniert. Die abbauwürdigen Mittel sind nach Rothwell von sehr verschiedenen Ausdehnungen, in der Weite bis zu mehreren hundert Fuß, in der Dicke bis zu 10—14 Fuß messend. Die silberführenden Schichten sind (horizontal gemessen) 30—90 Fuß dick. Die Kupfererze kommen meistens in gesonderten Mitteln vor. Auch Selen ist in den Erzen verbreitet. Der durchschnittliche Wert der Tonne Erz stellte sich 1880 auf 80—100 Mark, betrug aber stellenweise auch 150—220 Mark. Der durchschnittliche Silbergehalt war 1878 etwa 0,01 %.<sup>1)</sup> Die Lagerstätten von Silver Reef wurden 1877 entdeckt und in Abbau genommen.

Über die Entstehung dieser Lagerstätten gehen die Ansichten der amerikanischen Bergleute und Geologen auseinander. Die Erzverteilung in denselben veranlaßt die einen, nämlich Rolcker, Rothwell und Kemp,<sup>2)</sup> eine epigenetische Entstehung anzunehmen. Durch die Klüfte und vor allem auch durch die Verwerfungsspalten seien Silberlösungen oder -Dämpfe im Gefolge von Gesteins-eruptionen emporgedrungen und hätten das Erz dort abgesetzt, wo die physikalischen und chemischen Gesteinseigenschaften dem am günstigsten gewesen seien. Eine spätere Zufuhr der Erze von unten her, und zwar im Zusammenhang mit der Eruption der tertiären Massengesteine der Umgebung, ist auch von Jackson behauptet worden, der allerdings die Lagerstätten nicht selbst besucht hatte. Jackson glaubt, die Metalllösungen seien auf Rissen emporgedrungen, die sich später wieder geschlossen hätten, so daß sie noch nicht nachgewiesen werden konnten. Unzutreffend ist jedenfalls sein Vergleich dieser Lagerstätten mit denen von Verespatak und ähnlichen Vorkommnissen mit brecciös zertrümmertem und stockwerkartig infiltriertem Nebengestein, oder mit denen von Böhmisches Brod und Mansfeld. Auch scheint der Zusammenhang zwischen Erzabsatz und Eruptionen doch noch sehr problematisch zu sein. Dagegen weist Newberry darauf hin, daß der triasische Sandstein in weitester Verbreitung auch über Utah hinaus silberführend, wenn auch nicht abbauwürdig ist, und daß die Erzführung durchaus keine lokale Erscheinung bildet. Allenthalben seien die Sandsteine von Spalten und Sprüngen durchzogen, aber nirgends ließe sich der Nachweis erbringen, daß diese wirklich Zuleitungskanäle für die Metallverbindungen gewesen seien. Jedenfalls wird noch die Frage zu lösen sein, wie weit die heutige Erzverteilung in den Reefs eine primäre oder sekundäre ist.<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Eng. Min. Journ., XXIX, 1880, 80.

<sup>2)</sup> Ore deposits, 1900, 334.

<sup>3)</sup> Siehe darüber auch Newberry, Eng. Min. Journ., XXXI, 1881, 5.

Kupfererzführende, triasische Sandsteine gibt es im **Nacimiento-Gebirge** des nordwestlichen Neu-Mexiko; Newberry<sup>1)</sup> hat sie zuerst beschrieben. Das gegen 3000 m hohe Gebirge besitzt eine granitische Achse, an welche sich Zonen von Kohlenkalk, Trias und Kreide mit mehr oder weniger gestörten Schichten anlegen. Die Trias besteht aus roten und weißen Sandsteinen, aus Mergeln und Gips; die ersteren zeigen deutliche Wellenfurchen und enthalten die Reste der Cycadeen Pterozamites und Otozamites, nämlich Stammstrünke, Zweige und Blätter, deren Gewebe nach Newberry „Partikel für Partikel“ in etwas silberhaltige Sulfide von Kupfer und Eisen umgewandelt sein soll. Außerdem kommt das Kupfererz auch in Konkretionen und in 4—9 Zoll dicken, derben Lagen vor. Die vorwaltenden Kupferverbindungen sind Kupferglanz, Rot- und Schwarzkupfererz (Melaconit). Das angereicherte Erz hat nach Cazin einen Gehalt von 44% Kupfer und einigen Unzen Silber in der Tonne.

Nach Newberrys Auffassung würde es sich hier gerade wie in dem Silver Reef um eine gleichzeitige Ausfällung des Erzes mit dem Absatz des Sediments handeln.

\* Bei der Frage nach der Entstehung der erzführenden Sandsteine lag stets die Annahme am nächsten, daß diese Lagerstätten durch Imprägnation von Spalten her entstanden seien. Denn die Porosität des Gesteines kann einer solchen sekundären Ansiedelung förderlich sein, vorausgesetzt, daß sich in ihm auch Agentien finden, welche aus metallführenden Lösungen Metallverbindungen niederschlagen. Ist schon die Möglichkeit einer solchen Imprägnation zuzugeben, so scheinen auch tatsächlich Beispiele dafür bekannt zu sein, daß in der Nähe von echten Erzgängen zur Zeit der Gangfüllung selbst oder durch eine Übertragung sekundärer Erze aus dem verwitternden Ausstrich einer Lagerstätte eine Imprägnation von Sedimentärgesteinen stattgefunden habe.

Dasjenige Beispiel, welches am häufigsten erwähnt worden ist, um den innigen Zusammenhang zwischen der Bildung von Erzlagern einerseits und dem Erguß metallführender, aus der Tiefe aufsteigender Lösungen zu beweisen, ist die Gegend von Avallon im Morvan,<sup>2)</sup> dem nordöstlichen Teil des französischen Zentralplateaus (Fig. 100). Das Grundgebirge des Morvan wird gebildet von Gneis, Amphibolit usw. und durchsetzt von Granit, Diorit, Minette, Kersantit, Porphyriten, Porphyren und Diabas. Darüber liegen stellenweise paläozoische Ablagerungen, im allgemeinen aber transgredieren mesozoische Schichten über dieselben. Eine merkwürdige Beschaffenheit zeigt das Rhät. Dasselbe ist von toniger Beschaffenheit, indessen an vielen Orten in der Art weit ausgebreiteter Decken oder großer unregelmäßiger Massen oder Linsen mit Chalcedon durchlagert; die so entstehenden Kieselgesteine sind bald kompakt, bald mühlsteinartig, bald jaspisähnlich, und führen stellenweise Baryt und Flußspat, häufig Pyrit, auch Bleiglanz, Eisenglanz, Malachit und Lasur. Durch Verwitterung

<sup>1)</sup> Report of Exploring Expedition in 1859 under Capt. J. N. Macomb, Washington 1876. Auszugsweise mitgeteilt von Cazin, Eng. Min. Journ., XXX, 1880, 87. — Ferner Newberry, Eng. Min. Journ., XXXI, 1881, 4.

<sup>2)</sup> Bonnard, Sur la constance des faits géognostiques qui accompagnent le gisement du terrain d'arkose à l'est du plateau central de la France; Ann. d. Mines (2), IV, 1828, 357—439. — von Beust, Kritische Beleuchtung der Wernerschen Gangtheorie, 1840, 6—21. — Michel-Lévy et Vélain, La réunion extraordinaire de la Société géologique de France à Semur 1879; Bull. Soc. géol. (3), VII, 1879, Lit. — Daubrée, Les eaux souterraines, III, 1887, 125—126.

des Nebengesteines treten sie stellenweise als steile Klippen hervor, und die Stadt Avallon selbst liegt teilweise auf solchem Quarzit. In früherer Zeit ist man dem silberhaltigen Bleiglanz dieser Lager nachgegangen, zeitweise hat man den Baryt und den Eisenkies abgebaut. Derartige kieselige Einlagerungen finden sich nicht nur im Rhät (Horizont der *Avicula contorta*), sondern sie wiederholen sich im untersten Lias, wo Ton und Kalkbänke solche umschließen. Man kann an verschiedenen Punkten nachweisen, daß die erzführenden Chalcedonmassen im unmittelbaren Zusammenhang stehen mit Erzgängen von ganz analoger Füllung, die das Grundgebirge durchsetzen. Die französischen Geologen scheinen deshalb geneigt zu sein, in jenen Lagern von „quartz d'épanchement“ Kieselsinter (Geyselite) zu sehen, welche sich submarin zur Rhät- und Liaszeit als gleichzeitige Bildungen mit den umgebenden Sedimenten, also als echte Lager, um die Ausflußkanäle heißer Quellen, die Gangspalten, gebildet hätten. Dieser Ansicht sind u. a. Vélain und Daubrée; der erstere macht besonders auf die Tatsache aufmerksam, daß sich die Chalcedonführung auf die genannten Schichten beschränke, daß zwischen den Chalcedonbänken der Planorbisstufe mehrere Lagen von völlig unveränderten Tonen und Kalken auftreten und daß gerade die poröseren Schichten nicht chalcedonführend seien, um seine Auffassung von einer gleichzeitigen Bildung der kieseligen Massen zu beweisen. Ein hauptsächliches

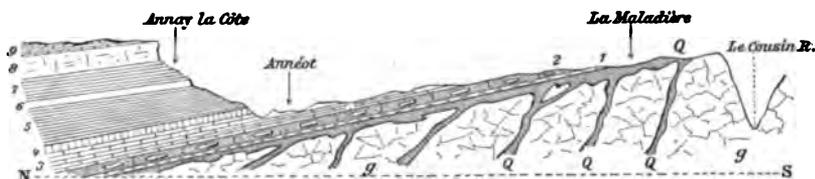


Fig. 100. Profil durch die Ebene von Etalles bei Avallon. *g* Granit; *Q* Quarzgänge mit Baryt, Flußspat, Bleiglanz und die über dem Granit liegende, verkieselte Rhätbank mit nesterweisem Auftreten derselben Mineralien; 1—7 Lias; 8—9 unterer und mittlerer Dogger. (Michel-Lévy und Vélain, 1879.) Der Höhenunterschied zwischen Annéot und der Höhe des nördlichen Plateaus beträgt 166 m.

Vorkommen der letzteren liegt bei Chitry, nordöstlich von Corbigny. Hier setzen im Gneis und Granit mächtige Gänge der barytischen Bleiformation auf, welche sich gewissermaßen zu einer 5—6 m dicken, etwa 1 km weiten Decke von grauem und schwarzem Kiesel ausbreiten, die gleichfalls Baryt, Flußspat und Bleiglanz führt.

Als zweifelloses Beispiel einer deutlichen Imprägnation von Sandstein in der Nähe einer in Verwitterung begriffenen Lagerstätte mögen endlich die bereits S. 292—294 erörterten Verhältnisse des Erzvorkommens von Chessy angeführt werden. Unmittelbar neben der Störung, welche dort längs einer stark verwitterten Kiesmasse verläuft, ist der jüngere Sandstein besonders auf den Schichtflächen intensiv mit Kupferkarbonaten imprägniert, die nicht in Knotten sondern in prächtigen Kristallisationen auftreten. Die Imprägnationszone ist zwar 400 m lang, aber nur 20 m breit. (Siehe Fußnote S. 294.)

Mag man — ob mit größerem Recht, ist fraglich — in den bleiglanz-, baryt- und flußspatführenden Chalcedonlagern des Morvan im Gegensatz zu der Auffassung der französischen Geologen jüngere Ansiedelungen erblicken, so bleiben dieselben doch deshalb von ganz besonderem Interesse, weil sie dieselben Gangarten und Erze enthalten, welche auch in den zuführenden Gangspalten als echte Sulfidgänge zur Ansiedelung kamen. Mit den von jeder Gangart freien Bleilagern der triasischen Knottensandsteine haben sie nicht die geringste

Ähnlichkeit. Auch die Erze von Chessy, wo es sich doch offenbar zweifellos um eine intensive Zufuhr von Erzlösungen handelte, können mit den mit Kupfererz imprägnierten Sandsteinen von St. Avoird nicht verglichen werden.

Hält man z. B. für die Knottenerze in Lothringen und Rheinpreußen an der Annahme einer schichtigen Natur angesichts ihrer weiten Verbreitung und ihrer im einzelnen waltenden Horizontbeständigkeit fest, so wäre damit gesagt, daß Erzbildung und die Anhäufung des Sandes zu gleicher Zeit vor sich gegangen sind. Der Buntsandstein ist die Strandablagerung einer sehr seichten See, ja er muß mindestens teilweise eine Dünenbildung sein. Daß die Erzführung der Sandsteine durch den spurenhafte Metallgehalt des normalen Meerwassers, der durch irgend ein Agens niedergeschlagen worden wäre, bedingt sein könne, wird niemand behaupten. Vielmehr müßte man an Metallösungen denken, welche irgend woher in das Meer eintraten. Die Annahme blei- und kupferreicher, an die Oberfläche tretender Quellen mag zunächst bedenklich erscheinen, da man solche heute nicht kennt. Im Wesen würden sie sich aber nicht von denjenigen unterscheiden, welche man auch annehmen müßte, wenn man an eine spätere Erzzufuhr in die Sandsteine glaubt; denn soviel steht fest, daß der Buntsandstein von Commern kaum jemals tiefer unter der Erdoberfläche gelegen hat, als unsere tiefsten Schächte unter die letztere vorgedrungen sind; es müßte daher auf jeden Fall zugegeben werden, daß solche blei- und kupferführende Quellen bis an die Oberfläche emporzusteigen vermögen, und auch die Möglichkeit, daß das seichte Triasmeer mit Metallverbindungen lokal beladen wurde, ist dann nicht von der Hand zu weisen. Eine letzte Annahme wäre die, daß die Erze von einem Festlande her dem Meere zugeführt worden seien. Daß tatsächlich aus dem Meere verhältnismäßig bemerkenswerte Mengen von Blei und besonders Zink zum Niederschlag kommen können, beweist das weit verbreitete Auftreten von Bleiglanz in der Bleiglanzbank des Keupers, oder desselben Erzes und von Zinkblende in den Versteinerungen, z. B. des norddeutschen Doggers oder in Toneisensteinen der unteren Kreide usw. Hierbei an eine Epigenese zu denken, liegt kein Grund vor.

Die Frage nach dem Agens, welches aus den Metallösungen das Erz niedergeschlagen hat, ist auf verschiedene Weise zu beantworten, wenn man die wahrscheinliche Annahme macht, daß das letztere ursprünglich als Sulfid vorhanden war. Man könnte an den Schwefelwasserstoff denken, der sich durch Verwesung von Eiweiß, d. h. von Tieren und Pflanzen bildet. Mit Vorliebe hat man ferner den in den Sandsteinen vermodernden Pflanzenresten eine reduzierende Einwirkung auf die Metallsalze zugeschrieben, wozu allerdings bemerkt werden muß, daß zu Mechernich solche keine Rolle gespielt zu haben scheinen. Neuerdings hat Kohler an die Eigenschaft des Kaolins erinnert, Kupfer- und Bleisalze zu adsorbieren;<sup>1)</sup> diese könnten durch Schwefelwasserstoff in Sulfide umgewandelt worden sein, und die letzteren müßten dann innerhalb des fertigen Gesteines eine Konzentration zu Knotten erfahren haben. Denn die Mechernicher Blei-

<sup>1)</sup> Adsorptionsprozesse als Faktoren der Lagerstättenbildung und Lithogenesis; Ztschr. f. prakt. Geol., 1903, 49—59.

glanzknoten sind keine Pseudomorphosen, sondern bestehen aus Würfeln des Bleiglanzes.

Die deutschen Blei- und Kupferlager im Buntsandstein können zu vulkanischen Prozessen nicht in Beziehung gebracht werden. \*

### 6. Die kupferführenden Tuffe.

Daß in den submarin und besonders in flacher See abgelagerten Tuffen Erzabsätze auftreten können, erklärt sich zwanglos aus der Tatsache, daß bei vulkanischer Tätigkeit Metalle, und zwar besonders Eisen und Kupfer, in gasförmigen Verbindungen gefördert werden. Beispiele sind die sehr gewöhnlichen Absätze von Eisenglanz, seltener von Magnesioferrit aus Fumarolen; Chlorkupfer, welches sich später in Atakamit umwandelt, ist sehr verbreitet als Sublimationsprodukt der Eruptionen des Ätnas oder des Vesuvs und überzieht auf letzterem ganze Lavablöcke mit einer grünen Kruste. Auch der Covellin ( $\text{CuS}$ ) ist keine seltene Erscheinung. Außer anderen Chloriden findet sich am Vesuv auch das Chlorblei (Cotunnit,  $\text{PbCl}_2$ ), ferner Realgar, Auripigment und Millerit.<sup>1)</sup> In den Sublimationsprodukten der ehemaligen Solfatara im Krater von Vulcano<sup>2)</sup> konnte man folgende Metalloide und Metalle nachweisen: Schwefel, Selen, Tellur, Wismut, Arsen, Silicium, Bor, Phosphor, Stickstoff (Ammonium), Fluor, Chlor, Jod, Natrium, Kalium, Lithium, Rubidium, Caesium, Eisen, Kobalt, Zink, Thallium, Zinn, Blei und Kupfer. Absätze von Kieselkupfer finden sich, wenn auch nur in geringer Menge, im Tuff von Lipari und auf Klüften der Lava von Vulcano. Wie einerseits ohne Zweifel nur ein sehr geringer Teil der durch die Fumarolen subaärer Vulkane geförderten Stoffe wirklich zum Absatz gelangt, so gewiß müssen dieselben bei submariner Tätigkeit im Meerwasser zurückgehalten und unter günstigen Bedingungen niedergeschlagen werden. Diese Betrachtung ist anwendbar auf eine große Anzahl der früher besprochenen Kieslager. Die direkten Beziehungen zwischen vulkanischer Tätigkeit und der Bildung von Erzlagern scheinen aber ganz besonders gut durch die Verhältnisse der nachstehend beschriebenen, sehr jugendlichen Kupferlagerstätte bewiesen zu werden. Es sind das die tertiären Boleo-Kupfererzlagerstätten gegenüber Guaymas an der Ostküste von **Niederkalifornien**,<sup>3)</sup> unter dem  $27\frac{1}{2}^{\circ}$  nördl. Breite und etwa dem  $112\frac{1}{2}^{\circ}$  westl. Länge von Greenw. bei der Hafenstadt Sta. Rosalia gelegen. Sie treten in einem rechteckigen Gebiet von 10—12 km Länge und 5—6 km Breite auf, das von tertiären eruptiven Tuffen und anderen Sedimenten gebildet wird; diese lehnen sich an ein Gebirge jungeruptiver Entstehung an und zeigen eine leichte Neigung nach der Küste zu. Die eruptiven Bildungen

<sup>1)</sup> J. Roth, Allgemeine und chemische Geologie, III, 1893, 282.

<sup>2)</sup> Bergeat, Äolische Inseln; Abh. k. bayer. Ak., II. Cl., XX, 1. Abt., 1899, 193.

<sup>3)</sup> Fuchs, Sur le gisement de cuivre du Boléo; Bull. Soc. géol. d. France (3), XIII, 1885, 545; zitiert von Fuchs und de Launay. — Fuchs et de Launay, Gîtes minéraux, II, 349—352, Lit. — Saladin, Notes sur les mines de cuivre du Boléo; Bull. de la Société de l'industrie minière (3), VI, 1892, 5—46. — Wegen der Mineralogie des Boleo siehe die Referate über Arbeiten von Mallard, Cumenge, Genth und Warren in Ztschr. f. Krist., XXII, 579, XXV, 96, 305, 306, XXX, 603.

gehören dem vulkanischen Bergmassiv Las tres Virgines (2000 m) an; das Innere der Halbinsel, eine wasserlose Wüste, besteht aus kristallinen Schiefem.

Die Gesteinsfolge des Minendistrikts wird in vier Stufen gegliedert:

1. Zu oberst Tone, Gips, vulkanische Tuffe, Sandsteine und Konglomerate mit miocänen (oder altpliocänen?) Fossilien. Im nördlichen Teil des Gebietes lagert sich darüber eine Basaltdecke.

2. Kupferführende Schichten. Soweit dieselben durch den Bergbau oder die Erosion in Schluchten aufgeschlossen sind, lassen sie folgende Reihenfolge erkennen:

- |   |                   |
|---|-------------------|
| a) Wenig mächtiges Konglomerat mit kalkigem Zement und Kupferspuren.  |                   |
| b) Feinkörnige, gelbliche oder rötliche Tuffe . . . . .   | 10—30 m.          |
| c) 1. Kupfererzschicht . . . . .  | wenige Dezimeter. |
| d) Ein Konglomerat von Phonolith-, Perlit-, Obsidianstücken und Feldspatfragmenten . . . . .  | 3—4 m.            |
| e) Grauer oder lichtlilafarbiger Tuff . . . . .   | bis 50 m.         |
| f) 2. Kupfererzschicht . . . . .  | 0,2—0,5 m.        |
| g) Konglomerat von Dacit- und „Trachyt“-Brocken . . . . .   | 3 m.              |
| h) Tuffschicht, die häufig durch eine dünne rote, 35—40 cm über i) liegende Lage (cinta colorada) in zwei Abteilungen getrennt wird . . . . . | 50—60 m.          |
| i) 3. Kupfererzschicht . . . . .  | 0,2—3 m.          |
| k) Konglomerat . . . . .  | 10—50 m.          |
| l) Tuffe von unbekannter Mächtigkeit.   |                   |
| m) 4. Kupfererzschicht.   |                   |
| n) Tuffe.   |                   |
- Unmittelbares Liegendes unbekannt.

3. Diskordant unter den kupferführenden Schichten ruht ein brauner Dolomit mit schlecht erhaltenen, unbestimmbaren Fossilien, und unter diesem vulkanisches Material, wie Lapilli, Sande und Lavaströme. An gewissen Stellen ist dieser Dolomit stark imprägniert mit Pyrit, Bleiglanz und Kupferkies.

4. Jungvulkanische Gesteine, wie Dacite usw.

Die Kupfererze sind fast durchweg oxydisch; in der Hauptmasse bestehen sie aus „Schwarzkupfererz“, Malachit, Kupferlasur, seltener aus Rotkupfererz, gediegen Kupfer, Atakamit und Kieselkupfer, ferner aus Crednerit (Mangan-kupfererz),<sup>1)</sup> wozu noch einige neue Mineralfunde kommen, nämlich die schön blauen Verbindungen Boleit,  $3(\text{PbCl}(\text{OH}) + \text{CuCl}(\text{OH})) + \text{AgCl}$  (mit etwa 9% Silber, 14—15% Kupfer und etwa 50% Blei) und der Cumengeit,  $\text{PbCl}(\text{OH}) + \text{CuCl}(\text{OH})$  (mit etwa 53% Blei und 17—18% Kupfer). Bleiglanz, Phosgenit, Weißbleierz und Bleivitriol finden sich in Begleitung dieser letzteren, und auch Kobalt- und Nickelerze sind angetroffen worden. Die Lagerart der Flöze ist ein gänzlich

<sup>1)</sup> Siehe auch Krusch, Über eine Kupfererzlagerstätte in Nieder-Kalifornien; Ztschr. f. prakt. Geol., 1899, 83—86.

zersetzter Tuff, Jaboncillo genannt. In den tieferen Zonen nehmen übrigens Kupfersulfide, wie Kupferkies, Kupferglanz und Kupferindig überhand.

Die 1. Kupferschicht ist arm an oxydischen Kupfererzen und hat daher nur wenig technische Bedeutung. Das klastische Material entstammt ziemlich entfernten eruptiven Herden, und deshalb glaubt Saladin, daß auch der Ursprungsherd der Kupferlösungen ein entlegener sein müßte, was durch den geringen Metallgehalt der Schichten bekräftigt würde. Die 2. Kupferschicht ist zuerst in Abbau genommen worden. Sie ist eisenarm und kieselsäurereich. Das zumeist karbonatische Erz bildet gern Kugeln und knottenartige Konkretionen,<sup>1)</sup> welche Durchmesser von mehreren Zentimetern und einen Kupfergehalt von 25—40% erreichen. Sie lassen sich leicht auf trockenem Weg von der Lagerart trennen. Das Erz ist in gewissen Teilen dieses Lagers besonders stark angereichert, indessen durchschnittlich weniger reich als in der 3. Kupferschicht. Diese ist die kupferreichste und enthält zugleich ziemlich viel Eisen und Mangan; sie bildete in letzter Zeit hauptsächlich den Gegenstand des Abbaues. Die Lagerart ist plastisch-tonig, das Erz staub- und blättchenförmig durch dieselbe verteilt und die Aufbereitung daher ziemlich schwierig. Über das 4. Erzflöz, dessen Existenz übrigens zeitweise bestritten worden ist, liegen keine Mitteilungen vor. Sehr bemerkenswert und bei der Verhüttung lästig ist der Kochsalzgehalt der Erze.

Die Lagerstätte von Sta. Rosalia wird für eine sedimentäre gehalten. Fuchs bringt ihre Entstehung mit den vulkanischen Vorgängen der Tertiärzeit in Verbindung und hält wiederholte vulkanische Schlammergüsse auf dem sich senkenden Boden der offenbar sehr flachen See für wahrscheinlich. Nach Saladin wäre es nicht unmöglich, daß die Erze schon von Anfang an wenigstens teilweise oxydische gewesen wären; die jetzige, auch im 3. Erzflöz nicht ganz regelmäßige Erzverteilung ist nach ihm eine sekundäre und auf spätere Umagerungen zurückzuführende Erscheinung.

Die Boleo-Erze wurden 1868 durch einen Farmer entdeckt, 1872 wurden die ersten Erze nach Europa geliefert und längere Zeit dort verhüttet. Der Kupfergehalt der verschiffbaren Erze mußte 20—25% betragen. Seit 1885 hat eine französische Gesellschaft den Bergbau in Händen, welche 1886 eigene Schmelzwerke an Ort und Stelle errichtete. Anfangs der 90er Jahre des vorigen Jahrhunderts betrug der Gehalt der Erze 7—10%, die Gesamtförderung 1891 76000 t, die Kupferproduktion 4176 t. Im Jahre 1901 war der durchschnittliche Kupfergehalt 3,95%, die Kupfererzeugung auf 11000 t, die Erzförderung auf über 275000 t gestiegen.

Nach Fuchs und de Launay<sup>2)</sup> sollen die Kupfererzlagerstätten von **Kedabeg** und **Akhtala** im Kaukasus eine gewisse Ähnlichkeit mit derjenigen von Boleo zeigen. Kedabeg liegt etwa 60 km südwestlich von Elisabethpol. Muttergestein der Lagerstätte ist nach Fuchs und de Launay ein „Quarzit“, der im Hangenden in Sandstein übergeht und Knollen von Kupferkies, stellenweise auch Kristalle von Pyrit und Blende umschließt. Schwarzkupfererz begleitet den Kupferkies. Bleiglanz bildet mitunter Nester. Der „Quarzit“ enthält auch Feldspat, Glimmer, Pyroxen und Hornblende, welche wohl vulkanischer Herkunft

<sup>1)</sup> Daher der Name boleó = Kegelbahn, bola = die Kugel.

<sup>2)</sup> Gîtes minéraux, II, 345—348, Lit.

sind. Einer französischen Gesellschaft gehören die drei wenig bekannten Lagerstätten von Akhtala, Allahverdi und Tschamluk, 80 km südlich von Tiflis, am Fluß Chram, einem Nebenfluß der Kura. Die Lager sind eingeschaltet zwischen Ströme von Dacit, welche dem Araratgebiete entstammen, und führen Pyrit, Blende, Kupferkies, Bleiglanz, Baryt und teilweise Gips innerhalb eines quarzigen Gesteines.

Das Lager von Allahverdi besitzt eine mittlere Mächtigkeit von 16 m; das von Akhtala läßt deutlich zwei verschiedene Etagen unterscheiden: eine untere, 0,50—4,50 m mächtige mit Pyrit, Kupferkies und Buntkupfererz mit etwa 12% Kupfer, und eine obere mit Bleiglanz, Blende und Kupferkies. Diese letztere enthält etwas Silber; sie ist von der unteren durch eine Quarzbank getrennt.

Nach Fuchs und de Launay wären diese Lagerstätten durch Absatz aus heißen Wässern entstanden, welche sich zur Zeit der Bildung des Nebengesteines durch dasselbe verbreiteten. Da zu Akhtala die Erze in verschiedenen Horizonten verschieden sind, so müßten sich hintereinander Lösungen von ungleichem Metallgehalt ergossen haben. Die Erzabsätze werden in genetischen Zusammenhang mit dem Erguß der tertiären Eruptivgesteine gebracht. Die syngenetische Entstehung dieser kaukasischen Lagerstätten ist offenbar noch recht zweifelhaft.

### III. Schichtige Phosphoritlager.

\* Der Phosphorit<sup>1)</sup> dient seit Jahrzehnten zur Darstellung von Düngemitteln und wird zu diesem Zwecke heute in großen Massen verbraucht. Durch künstliche Zufuhr wird der durch die Vegetation dem Boden entzogene und für sie doch notwendige Phosphorgehalt ersetzt oder phosphorarmer Boden reicher gemacht.

Das ursprüngliche, durch den pflanzlichen Stoffwechsel aufgeschlossene Phosphat ist offenbar der Apatit, welcher in sämtlichen kristallinen Gesteinen enthalten ist und bei deren Verwitterung in den Pflanzenboden übergeht. Die Asche des Weizens enthält z. B. über 49%  $P_2O_5$ . Die Aufnahme der Phosphorsäure in die Pflanze wird durch das von den Wurzeln ausgesonderte zitronensaure Ammonium bewirkt, welches das Phosphat angreift. Der in der Natur vorkommende Apatit ist ein dreibasisches Salz, dessen Aufschließung durch die Pflanzen nur sehr langsam vor sich gehen kann; desgleichen sind die übrigen im Pflanzenboden vorhandenen Phosphate von Kalk und wohl auch diejenigen des Eisens und der Tonerde neutrale Salze. Der Gedanke, die natürliche Verbindung  $Ca_3(PO_4)_2$  in das zweibasische Calciumphosphat  $CaHPO_4$  überzuführen, wobei die Phosphorsäure der Aufnahme durch die Pflanzen zugänglicher gemacht wird, wurde um 1840 von Liebig angeregt und bildet im ganzen die Grundlage der Superphosphatdarstellung. Durch Behandlung mit Schwefelsäure stellt man jetzt aus natürlichen Kalkphosphaten Gemenge von im Wasser unlöslichem  $Ca_3(PO_4)_2$ ,  $CaHPO_4$  und löslichem  $Ca(H_2PO_4)_2$  dar.

Der Apatit,  $Ca_3(PO_4)_2Fl$  oder  $Ca_3(PO_4)_2Cl$  mit 40,92—42,26  $P_2O_5$ , 53,80—55,55 CaO und 6,82 Cl oder 3,77 Fl bildet für sich als reines Mineral

<sup>1)</sup> Eine zusammenfassende Darstellung der Phosphoritvorkommnisse gibt Levat, Étude sur l'industrie des phosphates et des superphosphates; Ann. d. min. (9), VII, 1895, 5—260. — Siehe außerdem Penrose, Nature and origin of deposits of phosphate of lime. With an introduction by N. S. Shaler; Bull. U. St. Geol. Surv., No. 46, 1888, Lit.

niemals schichtige Lager; manche Eruptivgesteine können ihn indessen in großer Menge, ja bis zur Abbauwürdigkeit führen (s. S. 72), und epigenetisch kommt er meist im Zusammenhang mit Gabbros oder ähnlichen Gesteinen, z. B. in Norwegen und Kanada, vor. Es sei ferner daran erinnert, daß verschiedene skandinavische Eisenerzlagerstätten sehr reich sind an Apatit (z. B. Grängesberg und die Eisenglanz-Magnetitlager von Lappland), doch steht die sedimentäre Entstehung solcher Vorkommnisse nicht fest. Die Apatitlagerstätten besitzen für die Superphosphatfabrikation nur eine untergeordnete Bedeutung. Jedenfalls aber ist dieses Phosphat die ursprüngliche Quelle für den Phosphorgehalt der organischen Wesen, zunächst der Pflanzen und der pflanzenfressenden Tiere gewesen und der Phosphor durch das organische Leben sowohl konzentriert wie verbreitet worden; es steht fest, daß ein großer Teil der im Mineralreich anzutreffenden Phosphorsäure erst nach dem Kreislauf durch tierische und pflanzliche Organismen wieder dorthin zurückgekehrt ist (z. B. im Wavellit, Kraurit, Kakoxen, Vivianit, Struvit, Pyromorphit, Libethenit u. a.). Die pflanzenfressenden Tiere sammeln den Phosphor besonders in den Knochen und Zähnen an. Die Meeresbewohner aber vermögen denselben aus dem Meerwasser selbst zu konzentrieren, wie sich aus dem hohen Phosphorgehalt vor allem der Brachiopodenschalen und der Krebspanzer ergibt. So enthalten nach N. Sahlbom<sup>1)</sup> cambrische Obolusschalen 50,45 CaO, 1,80 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 36,54 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 2,78 Fl, die Schalen der rezenten *Lingula anatina* 30,19 CaO, 23,20 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 1,52 Fl. Der Panzer des Flußkrebse (Astacus) enthält 6,1—7,02%, der des Krebses *Squilla* 17,66% phosphorsauren Kalk, und in dem Panzer des Paradoxides *Davidis* fand Hicks sogar 17—20% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.<sup>2)</sup> Desgleichen speichern die Foraminiferen, Radiolarien, Pteropoden, Lammelli-branchier, Schnecken und Cephalopoden mehr oder weniger viel Phosphorsäure in ihren Schalen auf. Korallen enthalten nach Silliman 0,3—2,1% Phosphate und Fluoride, und in 15 verschiedenen Seetangen fand Forchhammer im Mittel 1,09% Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>. Selbstverständlich muß auch das Blut der Tiere Phosphorsäure führen. Es ergibt sich daraus, daß dort, wo viele Tiere ihre Fäkalien hinterlassen haben oder eine Anhäufung von Tierleichen stattfand, auch eine Phosphatbildung eintreten muß, und daß alle fossilienführenden Schichten mehr oder weniger phosphorhaltig sein müssen. Das Eisenoxyd bindet viel Phosphor, weshalb ganz allgemein die oberflächlich gebildeten Brauneisensteine solchen enthalten (z. B. die Raseneisensteine). Den großen Phosphorgehalt sämtlicher schichtiger Brauneisenerze, wie z. B. der Eisenoolithe, kennt die Technik schon lange; durch die Thomasschlacke wird derselbe angespeichert und als Thomasmehl wieder der Pflanzenwelt zugeführt. Der Phosphorgehalt mancher Eisenerze ist, wie früher gezeigt wurde, nicht unerheblich und steigt z. B. in den Lothringer Minetten bis zu 1%; er wird in den Thomasschlacken bis zu mehr als 20%, ja sogar 25% konzentriert, und jährlich könnten die Eisen-

<sup>1)</sup> Andersson und Sahlbom, Über den Fluorgehalt schwedischer Phosphorite; Bull. of the geol. Inst. of the University of Upsala, IV, 1900, 79; Ref. N. Jahrb., 1903, I, — 195—197 —.

<sup>2)</sup> Weitere Literaturnachweise siehe in der unten zu zitierenden Arbeit von Krufft, 32—33.

hätten etwa 1 Mill. Tonnen solcher künstlicher Phosphate an die Landwirtschaft abgeben.

Ein Phosphorgehalt mancher Gesteine, besonders von Eisenerzen (z. B. zu Nućic), wird erkenntlich durch die Bildung von Tonerde- und Eisenphosphaten auf Klüften. Gelegentlichen Analysen zufolge ist derselbe in vielen Böden und Gesteinen überraschend hoch. Sehr oft aber ist er vorzugsweise in kugeligen oder unregelmäßig gestalteten Konkretionen enthalten, welche den Namen Phosphorit führen. Nur ein kleiner Teil dieser Knollen mag die häufig angewandte Bezeichnung Koprolithen, d. s. fossile Exkreme, zu Recht verdienen; fast immer sind es Zusammenballungen, welche erst nach dem Absatz des Muttergesteines statthatten. Phosphorite sind Gemenge von kohlensaurem und phosphorsaurem Kalk mit wenig phosphorsaurer Magnesia, Eisen, Tonerde und schlammigen oder sandigen Verunreinigungen. Das Kalkphosphat entspricht in manchen Vorkommnissen völlig der Zusammensetzung des Fluorapatits, und z. T. recht beträchtliche Fluormengen sind in zahlreichen Phosphoriten nachgewiesen worden. Es erklärt sich das leicht aus den vorher angeführten Analysen der Brachiopodenschalen und der Tatsache, daß auch die Knochen und Zähne Fluor enthalten.<sup>1)</sup> Fluorhaltig sind u. a. die Vorkommnisse im Auxois, in den Pyrenäen, dem schwedischen Cambrium, in Podolien und im englischen Tertiär. Die Struktur und Größe der Konkretionen wechseln. Bald sind sie dicht, von rauhem Bruch, mitunter aber ausgezeichnet radialstrahlig, manchmal auch konzentrisch schalig und bei manchen Vorkommnissen innen mit lockererdigem Phosphat ausgefüllt. Häufig treten sie in fast mikroskopischen Körnchen, gewöhnlich aber in Knollen auf, die einige Kilo wiegen können. Als feine Einlagerungen in mergeligem Kalk können sie ganze Phosphoritbänke bilden; solche bestehen aber auch mitunter aus innig miteinander verwachsenen Knollen. Die Oberfläche der letzteren ist häufig glatt, dunkelbraun oder in den Vorkommnissen des Paläozoikums graphitisch. Durchwegs ist den Phosphoriten ein mitunter bis mehrere Prozent betragender Gehalt an organischer Substanz eigen und gewöhnlich umschließen sie organische Reste und ahmen manchmal deren Form nach, so daß man sie zuweilen selbst für Versteinerungen gehalten hat. Stickstoff und Jod sind gelegentlich nachgewiesen worden. Der Gehalt an phosphorsaurem Kalk und damit die Härte und das Gewicht schwanken sehr; hohe Eisen- und Tonerdegehalte sind der technischen Verwertung abträglich. Sehr oft ist der Phosphorgehalt der Konkretionen in den äußeren Partien der Knollen höher als im Kern. Es mag wohl mit der Art der Verteilung der einzelnen Bestandteile in den Phosphoriten zusammenhängen, daß gewisse sogar im natürlichen Zustande ohne weiteres als Düngemittel verwendet werden können; die weniger dichten Varietäten werden wohl durch die Pflanzen leichter aufgeschlossen als die dichten oder gar kristallinen.

<sup>1)</sup> Nach Carnot enthalten die Aschen der Knochen verschiedener rezenter Wirbeltiere zwischen 37 und 42% Phosphorsäure und etwa 0,25% Fluor (Recherches sur la composition générale et la teneur en fluor des os modernes et des os fossiles des différents âges; Ann. d. min. (9), III, 1893, 155—195.

Phosphorite finden sich in Ablagerungen aller Formationen und der verschiedensten Art; sie treten auf in Tonschiefern, Kieselschiefern, Alaunschiefern, Kalken, Mergeln, Tonen und Sandsteinen. Man wird im allgemeinen behaupten dürfen, daß sie in Ablagerungen wenig tiefer See anzutreffen sind, und ein sehr großer Teil der Vorkommnisse ist geradezu an Strandbildungen und Ablagerungen des transgredierenden Meeres gebunden. In letzterer Weise treten sie oft unter Verhältnissen auf, die es schwierig machen, zu entscheiden, ob ihre Bildung an Ort und Stelle stattgefunden hat oder ob sie aus älteren Schichten herausgeschwemmt wurden und sich auf sekundärer Lagerstätte befinden. In solchen Fällen sind sie dann gern von abgerollten Fossilien älterer Formationen und von massenhaften Resten von Wirbeltieren begleitet. Merkwürdigerweise sind die phosphoritführenden Sandsteine gern glaukonitisch.

Der nachstehende Überblick befaßt sich nur mit solchen Lagern von Phosphorit, in welchen der letztere in dem Muttergestein selbst entstanden ist. Eine große Menge von wichtigen Lagerstätten gehört nicht hierher, wie z. B. diejenigen von Nordcarolina, Alabama und Florida, welche unter den Seifen besprochen werden müssen, oder diejenigen in der oberen Kreide von Nordwestfrankreich und Belgien, welche eluvial und metasomatisch sind, oder die metasomatischen Phosphoritvorkommnisse von Nassau, die gangförmigen von Norwegen. Dabei ist allerdings zu bemerken, daß sich gerade zwischen eluvialen, alluvialen und schichtigen Vorkommnissen nicht immer scharfe Grenzen ziehen lassen.

Was die Herkunft des Phosphors in den Phosphoritlagern betrifft, so kann dieselbe insofern nicht rätselhaft sein, als sie ganz bestimmt auf die in ihnen enthaltenen Tierreste zurückzuführen ist. Sehr häufig, aber nicht immer sind diese, wenn sie von Phosphorit umschlossen werden, selbst in solchen umgewandelt oder damit angereichert. Es hat also ein Austausch von Phosphorsäure gegen Kohlensäure in denselben stattgefunden, der vor sich gehen mußte, sobald lösliche phosphorsaure Salze auf den kohlen-sauren Kalk einwirkten. Die zweifellose sekundäre Anreicherung des Phosphats in solchen Fossilien und ferner der Umstand, daß die Phosphoritkugeln recht oft im Innern phosphorärmer sind als in den peripheren Partien, ja daß sie innen mitunter sogar aus Kalkspat bestehen, hat manche zu der Vermutung geführt, daß jene Knollen früher überhaupt aus kohlen-saurem Kalk bestanden hätten und demgemäß Pseudomorphosen seien. In manchen Fällen mag diese schon 1871 von Schwackhöfer geäußerte Anschauung zutreffen, denn die Umwandlung von Kalkstein in Phosphorit unter dem Einfluß verwesender tierischer Exkremente läßt sich noch heute an vielen von Guano überlagerten Korallenfelsen beobachten. Vor allem dürfte hierbei als Träger der Phosphorsäure das phosphorsaure Ammonium beteiligt sein, welches sich bei der Verwesung bildet. So nimmt z. B. Credner an, daß das bei der Fäulnis von Fischen entstehende kohlen-saure Ammonium die Knochen derselben zerstöre und dabei durch Umsetzung der Säuren in das Phosphat übergehe. Damit würde etwa übereinstimmen, daß die Challenger-Tiefsee-expedition aus über 2000 Faden Tiefe im Stillen Ozean enorme Anhäufungen von Haifiszähnen nachgewiesen hat, deren Email noch erhalten war, während das Dentin eine Auflösung erfahren hatte. Wären aber alle Phosphoritknollen

Pseudomorphosen nach Kalkknauern, dann müßten diese in nicht phosphatführenden Schichten eine sehr viel größere Verbreitung besitzen, als tatsächlich der Fall ist, und das Auftreten von Phosphoritknollen in Kalksteinen selbst wäre schwer verständlich. Man wird also die größte Menge der Vorkommnisse für eigentliche primäre Konkretionen von phosphorsaurem Kalk halten müssen, die sich in ähnlicher Weise durch Substanzwanderung in durchlässigem Material gebildet haben, wie z. B. Brauneisensteingeoden, Lößkindel, Sphärosiderite, Schwerspatknollen usw. \*

Phosphorite sind verbreitet in verschiedenen Stufen des skandinavischen Cambriums. So enthalten die „grünen Schiefer“ der untercambrischen Olenellus-Schichten auf **Bornholm** hühnereigroße phosphoritische Konkretionen, die durchwachsen sind mit Glaukonit, Quarzkörnern, Feldspatfragmenten und Muskovitblättchen. Das Muttergestein derselben ist ein dunkelgrauer Sandstein; der Phosphorgehalt rührt wahrscheinlich von Brachiopoden- und Trilobitenschalen her.<sup>1)</sup> Phosphoritkonkretionen sind auch im Unterca mbrium **Schwedens** bekannt und z. B. von Andersson und Sahlbom genauer studiert worden; die letzteren haben mehrfach einen bis gegen 3,5% betragenden Fluorgehalt in denselben nachgewiesen.<sup>2)</sup> In Wales sind nach Hicks fast alle Schichten des Unter- und Mittelcambriums etwas phosphoritführend; kalkige Paradoxides-Schiefer von Nordwales enthalten u. a. zahlreiche kleine schwarze Phosphoritkugeln mit über 42% phosphorsaurem Kalk, während das Gestein selbst bis zu 3%  $P_2O_5$  führt.<sup>3)</sup> Auch in den glaukonitischen Sandsteinen des Cambriums von Neubraunschweig treten nach Matthew<sup>4)</sup> Phosphoritknollen auf.

Über das Vorkommen von Phosphorit im Obersilur des **Vogtlands** hat Kruff<sup>5)</sup> ausführlich berichtet. In den Kiesel- und Alaunschiefern sind die Knollen ungleichmäßig verteilt und enthalten stets Versteinerungen, deren Schale selbst zu Phosphorit geworden ist. Kruff hat nachgewiesen, daß die an Phosphoritknollen reichen Gesteine selbst phosphorarm sind, während die an Knollen armen Schiefer stets einen bis zu 1% betragenden Gehalt an  $P_2O_5$  besitzen. Daraus schließt er, daß die Phosphorite durch eine Zusammenballung des in den Gesteinen von Anfang an vorhandenen Phosphats entstanden sind. Das letztere entstammt den tierischen Resten. Die Zusammensetzung der Knollen weist in der Hauptsache  $Ca_3(PO_4)_2$  und  $Mg_3(PO_4)_2$ , phosphorsaure Tonerde und Eisen, daneben  $CaCO_3$ , Kieselsäure, Bitumen, Kali, Natron, selten etwas Fluor und merkwürdigerweise auch etwas Jod auf. Das vogtländische Vorkommen ist bisher nur von wissenschaftlichem Interesse.

<sup>1)</sup> Deecke, Die phosphoritführenden Schichten Bornholms; Mitt. naturw. Ver. f. Neu-Vorpomm. u. Rügen, XXIX, 1897; Ref. N. Jahrb., 1899, II, — 67—68 —.

<sup>2)</sup> Andersson und Sahlbom, Über den Fluorgehalt schwedischer Phosphorite; Bull. of the geol. Instit. of the University of Upsala, IV, 1900, 79; Ref. ebenda 1903, I, — 195—197 —. — Holst, Beskrifning till Kartbladet Simrishamn; Sver. Geol. Unders. Ser. Aa, CIX; Ref. ebenda 1897, II, — 304—306 —.

<sup>3)</sup> On the occurrence of phosphates in the cambrian rocks; Quart. Journ. Geol. Soc., XXXI, 1875, 368—376. Weitere Beispiele aus dem europäischen Paläozoikum siehe in Kruffs unten zitiertem Aufsatz, l. c. 52—64.

<sup>4)</sup> On the phosphate nodules from the Cambrian of southern New Brunswick; Transact. New York Acad. Science, XII, 1893, 108—120; zitiert von Hayes.

<sup>5)</sup> Die Phosphoritführung des vogtländischen Obersilur und die Verbreitung des Phosphorits im Altpaläozoicum Europas; N. Jahrb., XV. Beil.-Bd., 1902, 1—65.

Phosphoritkugeln finden sich in großer Menge über ein weites Gebiet in Russisch Podolien;<sup>1)</sup> ihre ursprüngliche Lagerstätte gehört dem Silur an und aus diesem sind sie unter Anreicherung auf dem Wege natürlicher Aufbereitung in das Cenoman gelangt. Ihr primäres Vorkommen ist ohne technische Bedeutung, mag aber doch hier besprochen werden. Das Muttergestein des Phosphorits in Podolien ist ein grauschwarzer bis grünlicher, dünnschieferiger Tonschiefer, aus dem die Kugeln leicht auswittern, weshalb sie dann auf sekundärer Lagerstätte vielfach in den Flußbetten angetroffen werden. Ihre Hauptverbreitung besitzen sie im Gebiet des Dniester, besonders zwischen St. Użica und Mohilew. Der podolische Phosphorit bildet Konkretionen von der Größe einer Flintenkugel bis zu Kopfgröße; diese sind glatt, schwärzlich-grau bis braun und zeigen ein ausgezeichnetes radialfaseriges Gefüge und oft im Innern sternförmige, vom Mittelpunkt ausgehende, nach der Oberfläche zu sich verlierende Risse, welche mit lockerem erdigem Material, mit Kalkspat oder verschiedenen Sulfiden ausgefüllt sind. Die Analysen Schwachhöfers ergeben, daß die Konkretionen zum größten Teile aus Apatit bestehen, indem sie bis zu 3,5% Fluor enthalten, daß dagegen der das Muttergestein bildende Tonschiefer nur arm an Phosphorsäure ist. Jod war nicht nachzuweisen. Schwachhöfer glaubte, daß die Phosphoritkonkretionen Pseudomorphosen nach Kalkkugeln seien.

Nach Davies<sup>2)</sup> tritt eine Phosphoritbank zwischen dem silurischen Balakalk und den hangenden kalkig-sandigen Schiefern in der Gegend von Berwyn und a. a. O. in Merionetshire (Nordwales) auf. Sie ist 0,5—1 m mächtig, meistens stark graphithaltig und enthält massenhaft glatte, schwarze Phosphoritknollen und viel Pyrit. Die Verbreitung dieses Vorkommens soll über 200 qkm sein. Die Phosphoritbank umschließt zahlreiche organische Reste, wie Orthoceras, Orthis, Lingula. Ihr Durchschnittsgehalt an  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  ist 46%, derjenige der Knollen bis zu 64%. Auch der liegende Kalkstein ist etwas phosphorithaltig. Nach Shaler<sup>3)</sup> treten im silurischen Cincinnati-Kalk in Kentucky wirkliche Bänke von hochgradigem Phosphorit auf. Besonders reich ist eine im Lafayette County vorkommende 15—30 cm dicke Lage von zerreiblicher Beschaffenheit und graublauer Farbe mit 32%  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Dieselbe enthält zahlreiche Tierreste, welche die Phosphorsäure geliefert haben.

Devonische Phosphorite von technischer Bedeutung finden sich in den Pyrenäen und in den amerikanischen Staaten Tennessee und Arkansas.

<sup>1)</sup> Alth, Über Phosphatkugeln aus Kreideschichten in Russisch-Podolien; Jahrb. k. k. geol. Reichs-Anst., XIX, 1869, 69—74, Lit. — Schwachhöfer, Über die Phosphorit-Einlagerungen an den Ufern des Dniester in russisch und österreichisch Podolien und in der Bukowina; ebenda XXI, 1871, 211—230. — v. Gutzeit, Zur Geschichte der Forschungen über die Phosphorite des mittleren Rußland; Denkschr. Ges. f. Gesch. u. Altert.-Kunde d. Ostseepr., 1870. Siehe Verh. k. k. geol. Reichs-Anst., 1871, 11. — v. Dunikowski, Geologische Verhältnisse der Dniesterufer in Podolien; Verh. k. k. geol. Reichs-Anst., XXXI, 1881, 82—83. — Ders., Geologische Untersuchungen in Russisch-Podolien; Ztschr. d. deutsch. geol. Ges., XXXVI, 1884, 41—67. — Prendel, Bericht über die Resultate einer im Sommer 1877 ausgeführten Excursion in das Gouv. Podolien; Mem. d. neuruss. Ges. der Naturf. Odessa, 1878, V; Ref. N. Jahrb., 1879, 419; Berg- u. Hüttenm. Ztg., XXXIX, 1880, 148.

<sup>2)</sup> The phosphorite deposits of North Wales; Quart. Journ. Geol. Soc., XXXI, 1875, 357. — Penrose, Nature and origin of deposits of phosphate of lime; U. St. Geol. Surv. Bull., 46, 1888, 80—84.

<sup>3)</sup> Zitiert von Penrose nach Geol. Surv. of Kentucky, New Series, IV, 1878, 65.

Die oberdevonischen Phosphoritlager der **Pyrenäen** sind von Levat<sup>1)</sup> untersucht und beschrieben worden. In wechselnder Entwicklung sind dieselben verbreitet an zahlreichen Punkten der Departements Basses-Pyrénées, Ariège, Haute-Garonne, Aude und Tarn und dürften nach Levat für die phosphorarmen Ackerböden des südlichsten Frankreich von Bedeutung werden. Wegen ihres Aussehens sind die Phosphoritlager früher besonders häufig mit den kohligen Schiefnern des dortigen Silur, ja sogar mit Anthracit verwechselt worden; sie sind schwarz, schieferig oder blätterig, glänzend und färben stark ab und besitzen bei höherem Kieselsäuregehalt die Eigenschaften eines Kieselschiefers. Als solcher enthalten sie mitunter flache, 1,5—2 cm dicke und bis zu 10 cm lange Ellipsoide von Phosphorit, die sich durch ihre lichtere Farbe von dem schwarzen Gestein abheben. Die Hauptmasse des Phosphorits ist indessen in nuß- bis faustgroßen, ja 0,5 m messenden, glänzenden Konkretionen von rundlicher Gestalt gegeben, welche in dem schwarzen Schiefer (dem „schwarzen Phosphorit“) eingebettet liegen, häufig im Innern Fossilien oder Pyritkristalle umschließen und einen konzentrisch-schaligen Bau zeigen. Dieselben können ein Drittel bis zur Hälfte der Lagerstätte ausmachen. Während das Gestein selbst bis zu 17%  $P_2O_5$  enthält, beträgt der Gehalt der Konkretionen 28—35,5% (gleich etwa 61—77%  $Ca_3(PO_4)_2$ ). Dabei sind die an Phosphoritkugeln ärmeren Gesteine phosphorärmer als die an Konkretionen reichen.

Die chemische Zusammensetzung der Kugeln ist folgende:

	I.	II.
$P_2O_5$ . . . . .	30,52	31,98
$SiO_2$ und Gangart. . .	13,85	12,80
CaO . . . . .	40,10	42,12
MgO . . . . .	0,25	0,18
$Al_2O_3 + Fe_2O_3$ . . .	4,10	3,25
Fl . . . . .	2,70	2,81
$H_2O$ und Organisches .	8,36	6,52
	<u>99,88</u>	<u>99,66</u>

Die Größe des Fluorgehaltes berechtigt zu der Annahme, daß das Calciumphosphat als Apatit vorhanden ist. In den schwarzen Phosphoriten ist bis zu 30% organische Substanz und etwa 0,5% Stickstoff enthalten.

Der schwarze Phosphorit bildet Auflagerungen auf dem als Griotte bezeichneten oberdevonischen Kalkstein (mit Spirifer Verneuli), welcher in den östlichen Pyrenäen große Verbreitung hat; ersterer erreicht Mächtigkeiten von 8 bis über 12 m und wird überlagert von permo-carbonischen Schiefnern. Ein solches Phosphoritlager ist u. a. in unmittelbarer Nähe der in der Griotte auftretenden metasomatischen Manganerzlager von Las Cabessas angefahren worden.

<sup>1)</sup> Mémoire sur les phosphates noirs des Pyrénées; Ann. d. mines (9), XV, 1899, 5—100; Ref. Ztschr. f. pr. Geol., 1900, 224. — Ders., Sur les phosphates noirs des Pyrénées; Compt. Rend., CXXVII, 1898, 834—836; Ref. N. Jahrb., 1901, II, — 73—74 —.

Die Entdeckung reicher Phosphoritlager im mittleren Teil von Tennessee<sup>1)</sup> fällt in das Jahr 1893. Solche finden sich unter ganz ähnlichen Verhältnissen auch in den benachbarten Staaten Georgia, Alabama und Arkansas wieder, haben dort aber bisher keine größere Bedeutung. Die Schichtenfolge, als deren Glied das phosphoritführende Devon auftritt, ist folgende:

## Kohlenkalk.

Devon: Grünsand mit Phosphoritkugeln . . .	0,20—0,35 m.
Kohliger, schwarzer Schiefer . . .	0—1,80 „
Geschichteter, schwarzer Phosphorit .	0—1,20 „
Grauer Sandstein . . . . .	0—1,80 „

## Silurkalk.

Die Gesamtmächtigkeit des Devons beträgt nur 3—3,6 m. Der das Phosphoritlager bedeckende schwarze Chattanooga-Schiefer erinnert sehr an Cannel-Kohle und ist auch manchmal dafür gehalten worden. Im übrigen ist er außerordentlich reich an Pyrit. Die im Grünsand auftretenden schwarzen Konkretionen sind glatte, annähernd kugelförmige Knollen von geringer Größe oder unregelmäßige flache Ellipsoide, bis zu 60 cm lang und etwa ein Drittel so dick. Solche Phosphate finden sich stellenweise auch im schwarzen Schiefer und in dem geschichteten Phosphorit; sie enthalten 60—70%  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ , werden aber nur zusammen mit dem letzteren abgebaut. Dieser tritt in verschiedener Struktur auf. Der „oolithische“ Phosphorit ist meistens bläulich-schwarz oder bei Anwesenheit von weniger organischer Substanz lichtgrau, besteht aus glatten Kügelchen von Phosphorit und gerundeten Bruchstücken von Fossilien (Muscheln und Korallen), die teilweise in Phosphorit umgewandelt, teilweise aber auch nur mit solchem ausgefüllt sind; sie liegen in einer phosphoritischen Grundmasse. Er enthält viel Schwefelkies. Der kompakte Phosphorit unterscheidet sich von dem vorigen durch den Mangel einer Grundmasse. Beide Arten enthalten über 70%  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ . Sie werden häufig ersetzt durch einen Sandstein oder Konglomerate, in welchen gerundete Phosphoritkörner neben Körnern und Geröllen von Quarz auftreten. Eine schieferige Abart des Gesteines spaltet in dünnste Platten und besteht aus Quarzkörnern, die in einer kohlig-phosphatischen Grundmasse eingebettet sind; dieses Gestein enthält große Mengen von Lingulaschalen. Nach Hayes hätte die Bildung der Tennessee-Phosphorite in einem seichten Meere stattgefunden, in welchem bei sehr geringer Sedimentablagerung ein reiches tierisches Leben herrschte. Besonders die devonische Fischwelt dürfte bei der Verwesung reichliches Phosphat angehäuft haben, das z. T. die Kalkschalen der Muscheln und Korallen umwandelte, z. T. sich als Schlamm über dem Meeresboden ausgebreitet haben soll.

<sup>1)</sup> Hayes, The Tennessee phosphates; XVII. Ann. Rep. U. St. Geol. Survey, 1895—1896, Part II, 513—550. — Ders., The Tennessee phosphates; XVI. Ann. Rep., 1895, Part IV, 610—630. — Meadows and Brown, The phosphates of Tennessee; Transact. Am. Inst. Min. Eng., XXIV, 1894, 582—594. — Safford, The phosphate beds of Tennessee; Eng. Min. Journ., LVII, 1894, 366. — Branner, The phosphate deposits of Arkansas; Transact. Am. Inst. Min. Eng., XXVI, 1896, 580—598.

Die soeben beschriebenen schichtigen Phosphoritlager von Tennessee finden sich besonders in den Counties Perry, Lewis, Maury und Hickman im Gebiet des Tennessee- und Duck-Flusses. Im Perry-County kommt daneben noch eine andere Art von Phosphorit, das white phosphate, vor; das Mineral tritt hier als Bindemittel in Grus und Breccien oder, wenn die letzteren aus Kalk bestanden und dieser durch Auslaugung entfernt wurde, in dem tonigen Verwitterungsrückstand auf; endlich scheint es noch metasomatische Massen in Kalkstein zu bilden.<sup>1)</sup>

Tennessee liefert Phosphorit seit 1894. Damals betrug die Produktion 19200 t, um 1902 war sie 400—450000 t, d. i. mehr als ein Viertel der gesamten amerikanischen Erzeugung (ca. 1500000 t).

Das Vorkommen von Phosphoritknollen im süddeutschen Jura hat schon Gumbel<sup>2)</sup> im Jahre 1864 beschrieben. Besonders im mittleren Lias der Gegend von Bamberg finden sie sich massenhaft und werden bis 7 cm lang und 3 cm dick. Sie umschließen gern Ammonitenschalen, und auch viele Steinkerne bestehen aus Phosphorit, der bis zu 40 %  $P_2O_5$  enthalten kann. Die Verbreitung der Knollen beginnt im übrigen im unteren Lias und reicht bis zum unteren Malm. Außer im mittleren Lias ist sie besonders im Ornatenton (oberen Dogger) ziemlich erheblich. Jene Phosphoritknollen haben mit Kopolithen nichts zu tun. Über das ähnliche Auftreten im unteren Lias Lothringens haben Bleicher<sup>3)</sup> und Stuber<sup>4)</sup> Mitteilungen gemacht. Auf sekundärer Lagerstätte finden sich die Knollen auch in höheren Liashorizonten.

Eine größere Wichtigkeit haben die Phosphorite des unteren Lias im **Morvan**<sup>5)</sup> und der Landschaft Auxois, dem Nordostrand des französischen Zentralplateaus, erlangt. Der im Osten und im Norden dieses granitischen Gebirges sich anlagernde schwarze Jura enthält in den Gryphäenkalken Phosphorite. Diese werden dadurch abbauwürdig, daß der Kalk oberflächlich durch Auslaugung längs Klüften weggeführt und an seiner Stelle ein eisenschüssiger Ton samt den nicht oder weniger löslichen Bestandteilen des Gesteines hinterblieben ist; zu letzteren gehören auch die in dem Kalkstein enthaltenen Phosphoritknollen, welche selbst keine nennenswerte Veränderung erfahren haben. Die rachel- und

<sup>1)</sup> Hayes, l. c. 1896, 536—550.

<sup>2)</sup> Über ein neuentdecktes Vorkommen von phosphorsaurem Kalk in den jurassischen Ablagerungen Frankens; Sitzber. bayr. Akad. d. Wiss., II. Cl., 1864, 325—346; Ref. N. Jahrb. 1865, 349—351. — Siehe auch Herde, Über die Phosphorsäure im schwäbischen Jura und die Bildung der phosphorsäurereichen Geoden, Knollen und Steinkerne; Tübinger Inaug.-Diss., 1887; Ref. N. Jahrb. 1888, I, — 422—423 —.

<sup>3)</sup> Sur le gisement et la structure des nodules phosphatés du Lias de Lorraine; Bull. Soc. géol. d. France (3), XX, 1892, 237—247; Ref. N. Jahrb. 1894, I, — 485 —.

<sup>4)</sup> Die obere Abteilung des unteren Lias in Deutsch-Lothringen; Abh. z. geol. Special-Karte v. Els.-Lothr., V, Heft 2, 1893, 99—102.

<sup>5)</sup> Collenot, Du phosphate de chaux dans l'Auxois; Bull. Soc. géol. d. Fr. (3), V, 1877, 671 ff. — Vélain, Compte rendu de la réunion extraordinaire de la Soc. géol. d. France à Semur, 1879, 160 ff. — Fuchs et de Launay, Gites minéraux, I, 367—369.

trichterförmigen Vertiefungen auf der Oberfläche des Kalksteines reichen nie in große Tiefe, die Auflösung des Gesteines ist aber auch längs der Absonderungs- und Schichtklüfte vor sich gegangen, so daß das ganze Gestein von den Verwitterungsrückständen durchzogen ist. In den Trichtern liegen noch größere oder geringere Reste des Kalkes, entsprechend der früheren Schichtung, und ebenso läßt die Anordnung der Phosphoritknollen das frühere lagenförmige Auftreten deutlich wiedererkennen.

Die Lagerstätten erstrecken sich zwischen Semur und Avallon über ein Gebiet von 5000 ha; man rechnet auf 1 ha 3000 t Phosphorit. Außer im unteren Lias finden sie sich auch im mittleren, sind aber nicht gewinnungswürdig. Die Phosphoritproduktion der Departements Côte d'or und Yonne wird für 1901 mit 2700 t angegeben. Früher war sie sehr viel bedeutender (im Jahre 1886 9700 t).

Im gleichen Horizont wie im Morvan gibt es auch u. a. zu Pomoy und Vitrey im Departement Haute-Saône Liasphosphorite. Die phosphatführende Lage zwischen dem Gryphitenkalk und dem mittleren Lias hat eine Mächtigkeit von 5—20 cm; die Knollen selbst sind nußgroß oder größer, gelblich-weiß und enthalten 27—30 %  $P_2O_5$ . Neben ihnen kommen auch aus Phosphorit bestehende Steinkerne von Terebratula, Spiriferina usw. vor. Die Konkretionen sind in Ton eingebettet und machen 35—60 % dieser Schicht aus.<sup>1)</sup> Über die Ausdehnung desselben Horizonts in die westlich des Morvan gelegenen Departements Nièvre, Cher und Indre und über das Auftreten mittel- und oberliasischer Phosphorite daselbst hat Grossouvre<sup>2)</sup> berichtet. Stellenweise und nicht abbauwürdig kommen solche im mittleren Frankreich im Dogger und im Malm vor.

Große Mengen phosphorsauren Kalks sind in den Kreideablagerungen verschiedener Gegenden aufgespeichert.

In der englischen Kreide<sup>3)</sup> unterscheidet man zwei Phosphorithorizonte, im Lower Greensand (= Oberes Neocom) und im Upper Greensand (= Cenoman). Zwischen beiden liegen die Tone des Gault. Der Lower Greensand ist phosphoritführend in den Grafschaften Surrey, Sussex und Kent. Er bildet dort, wie das norddeutsche Hilskonglomerat, transgredierend über den Malm, die konglomeratischen Grundschichten der Kreideformation und besteht demgemäß aus mehr oder weniger gerollten Bruchstücken älterer Formationen und daraus entstammenden Fossilien inmitten eines an der Basis kalkhaltigen, weiter oben mehr oder weniger stark eisenschüssigen sandigen Bindemittels. Innerhalb dieser wenig mächtigen Schichten unterscheidet man zwei Phosphorit- oder „Koprolithlager“. Die Phosphorite haben bald nur die Größe eines Sandkorns, bald wiegen sie bis zu vier Pfund und besitzen nur einen geringen Gehalt von etwa 20 %  $P_2O_5$ . Nach der Auffassung der englischen Geologen sind sie keine Aufbereitungs-

<sup>1)</sup> Fuchs et de Launay, l. c. 369—371, Lit.

<sup>2)</sup> Étude sur les gisements de phosphate de chaux du centre de la France; Ann. d. mines (8), VII, 1885, 361—429.

<sup>3)</sup> Penrose, l. c. 84—94 mit ausführlicher Angabe der englischen Literatur. — Fisher, On the phosphate nodules of Cambridgeshire; Quart. Journ. Geol. Soc., XXIX, 1873, 52—62.

produkte, sondern in den Kreideschichten selbst gebildet. Sie umschließen Fossilien verschiedener älterer Formationen, wie Knochen von Iguanodon aus dem Wealden und Ammoniten aus dem weißen Jura, welche auf ihrer primären Lagerstätte nichts mit Phosphoriten zu tun haben. Die Bezeichnung „Koprolithe“ ist demnach auch für diese Vorkommnisse nicht am Platze. Das wichtigste Vorkommen der untercretaceischen Phosphorite ist das von **Sandy** in Bedfordshire, wo dieselben Bänke von 50—60 cm Mächtigkeit bilden.

Der Upper Greensand hat in Cambridgeshire und Bedfordshire, wo er besonders phosphoritführend auftritt, im Gegensatz zu seinen südlicheren englischen Verbreitungsgebieten nur eine geringe Mächtigkeit von höchstens 30 cm. Das Muttergestein der Phosphoritknollen besteht aus einer kalkigen Grundmasse und einem Sand von Quarz-, Glaukonit- und Phosphoritkörnern; erstere setzt sich aus zahllosen Schwammnadeln, Bruchstücken von Echinodermen, Muscheln, Korallen, Crustaceen, Foraminiferen und Kalkkonkretionen zusammen. Sowohl die fast mikroskopischen wie die bis zu mehreren Pfund schweren Phosphatkonkretionen enthalten gleichfalls Reste von Schwämmen, Fischschuppen und -Knochen u. dergl. Nach ihrer Menge wie nach dem Phosphorgehalt dieser und der umschließenden Grünsande sind die Vorkommnisse sogar innerhalb kleiner Bereiche sehr wechselnd. Sie wurden besonders bei **Ely** in Cambridgeshire abgebaut.

Anschließend sollen hier die Phosphorite des englischen Pliocäns erwähnt werden. Die pliocänen, unter der Bezeichnung Crag zusammengefaßten Ablagerungen begleiten die Ostküste Englands in den Grafschaften Norfolk, Suffolk und Essex in einer Breite von 11—35 km. Die unteren Stufen, nämlich der White oder Coralline Crag und der darüberfolgende Red Crag enthalten Phosphorite, welche in **Suffolk** insbesondere zwischen den Flüssen Orwell, Deben und Alde abgebaut worden sind. Der Coralline Crag liegt dort diskordant über dem untereocänen London clay und gliedert sich in zwei zusammen über 6 m mächtige Abteilungen, einem unteren muschelführenden hellen Sand und eine obere Bryozoen-schicht. Unmittelbar über dem London clay ruht die untere Phosphoritschicht. Der Red Crag ist ein eisenschüssiger Sandstein und enthält gleichfalls besonders dort, wo er transgredierend über dem Eocän auftritt, Phosphoritknollen. Mit diesen zusammen kommen gelegentlich Gerölle älterer Gesteine, wie der Kreide, von Granit usw., ferner Haifisch- und Cetaceenzähne, Säugetierknochen und zahlreiche pliocäne Muscheln vor. Das Lager hat 5—45 cm Mächtigkeit, die Phosphatknollen besitzen einen Durchschnittsgehalt von 53% phosphorsaurem Kalk und 13% phosphorsaurem Eisen. Da dieselben meistens abgerollt sind, so dürften dieselben wenigstens in den Red Crag eingeschwemmt sein.

Die Benutzung der phosphatführenden Grünsande als Düngemittel reicht in England bis in das XVIII. Jahrhundert zurück, wenn man auch damals gerade die Phosphoritknollen noch nicht verwerten konnte; die Gewinnung der letzteren begann erst um die Mitte des XIX. Jahrhunderts. Im Jahre 1876 erreichte die englische Phosphoritproduktion die Höhe von etwa 260000 t; infolge der Konkurrenz ausländischer Erzeugnisse ist sie indessen jetzt unbedeutend geworden.

**Rußland**<sup>1)</sup> ist überaus reich an Phosphorit. Wie oben bemerkt, kommen im Silur des Dniestergebietes Phosphoritknollen vor, welche indessen auf ihrer primären Lagerstätte nicht abbauwürdig sind. Ebenso haben die Vorkommnisse im Jura von Nischne-Nowgorod scheinbar keine Bedeutung erlangt. Hingegen birgt das große zentrale Kreidebecken in weitester Ausdehnung (nach Yermoloff über etwa 20 Mill. ha) zwischen den Flüssen Wolga und Dniester einen ungeheuren, allerdings noch fast ganz unbenutzten Reichtum an Phosphorit. Dieser tritt vorzugsweise im Turon und Senon, teilweise auch im Cenoman auf. Als wichtigste Vorkommnisse werden angegeben diejenigen von Smolensk, Roslawl, Briansk, Orel, Kursk und Woronesch im mittleren Teil des Gebietes, wo man auf 1 ha Bodenfläche 15000 t Phosphorit rechnet, und bei Tambow soll der Gehalt sogar 50—75000 t erreichen. Andere liegen bei Saratow an der Wolga usw. Im großen ganzen tritt das Mineral auch hier in einzelnen oder verwachsenen Knollen mit hohem Gehalt an organischen Substanzen auf, welche einen harzigen oder naphthaähnlichen Geruch entwickeln, oder in Steinkernen und Fossilien. Die Knollen liegen in der Ackererde herum und sind den Bauern als „Ssamorod“<sup>2)</sup> bekannt. Bei Kursk zwischen dem Don und Dnjepr bildet das Phosphat richtige dichte, aus verkitteten Konkretionen bestehende Steinbänke von 0,2 m Mächtigkeit, die sich nach den liegenden Sandschichten in lauter Knollen auflösen und als Bau- und Straßenmaterial benutzt werden, oder es tritt in plattenförmigen Einlagerungen inmitten von Mergel, Sand oder Ton auf. Im allgemeinen sind die Phosphorite stark sandig und enthalten durchschnittlich nur etwa 20%  $P_2O_5$ .

Im Grünsand des Gault (Albien mit *Ammonites mammillaris*) der **Ardennen**<sup>3)</sup> sind seit 1845 Phosphorite bekannt und bei Grandpré abgebaut worden. Der weitausgedehnte Schichtenkomplex hat eine Mächtigkeit von 25—45 m; die vereinzelt oder in Gruppen verwachsenen nuß- bis faustgroßen Knollen bilden darin eine Lage von 5—25 cm Mächtigkeit und haben einen Gehalt von 39%  $Ca_3(PO_4)_2$  oder 18%  $P_2O_5$ . Stellenweise kommt der Phosphorit auch in derberen Einlagerungen vor. Andere Phosphorite im Gault der Departements Drôme und Ardèche (Südfrankreich) und bei Boulogne erwähnen Fuchs und de Launay.<sup>4)</sup>

Als reiche Phosphoritlager haben die Schichten des mittleren Senon (das sog. Campanien) in **Palästina**, **Ägypten** und am Sinai<sup>5)</sup> zu gelten, wenn auch deren ausgiebige Nutzbarmachung noch mehr oder weniger einer fernen Zukunft angehören dürfte. In Palästina nehmen diese im übrigen auch asphaltführenden Kalke und Mergelkalke, mit denen auch gipsführende Mergel auftreten, den größten Teil Judas und das Hochplateau des Ostjordanlandes ein. Sie sind teilweise außerordentlich reich an Foraminiferen, Mollusken und Fischresten, aus

<sup>1)</sup> Penrose, l. c. 112—116 nach Yermoloff, Les phosphates de chaux de la Russie; Journ. agric. prat., I, 1872, 660—665. — Fuchs et de Launay, l. c. 380—388.

<sup>2)</sup> Ssamorod = von selbst entstanden.

<sup>3)</sup> Fuchs et de Launay, l. c. 374—375.

<sup>4)</sup> l. c. 375—376.

<sup>5)</sup> Blanckenhorn, Über das Vorkommen von Phosphaten, Asphaltkalk, Asphalt und Petroleum in Palästina und Ägypten; Ztschr. f. prakt. Geol., 1903, 294—298. — Report on the phosphate deposits of Egypt; Geol. Surv. of Egypt, 1900, 1—27; Ref. N. Jahrb., 1901, II, — 429—430 —.

deren Zersetzung einerseits das Bitumen und der Asphalt, andererseits die Phosphate hervorgegangen sind. Hochprozentige, allerdings scheinbar nicht sehr häufige Vorkommnisse der letzteren haben 83%  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  und dabei den sehr hohen Gehalt von 9,8%  $\text{CaF}_2$ ; sie liegen frei zutage.<sup>1)</sup> Andere mit 45—50% Kalkphosphat bilden in der Gegend von Jerusalem mehrere 0,15—1 m mächtige Gesteinsbänke. In Ägypten sind anscheinend in einem ganz ähnlichen Horizont Phosphorite, in der Oase Dahle gebunden an Bonebeds mit Fischzähnen, an verschiedenen Stellen des Landes verbreitet.

Abweichend von den soeben erwähnten Vorkommnissen gehören die sehr wichtigen Phosphoritlagerstätten von **Algier** und **Tunis**<sup>2)</sup> dem unteren Eocän (Suessionien) an. Ihrem hohen Gehalt an Phosphat verdanken augenscheinlich die dortigen Kulturebenen ihre von altersher berühmte Fruchtbarkeit. Die Vorkommnisse erstrecken sich in zwei Zonen nördlich und südlich der Zentralebene von Tunis und des nordöstlichen Algier von Bizerta durch Krumirien über Sukarrhas in die Gegend von Constantine bis jenseits Setif einerseits, andererseits gegen Süden zu in die Gegend von Tebessa am Djebel Aurès und weiter westlich nach Biskra. Sie gehören den Grundschichten des unteren Eocäns an, welches diskordant die Kreide überlagert. Das Suessionien zerfällt in zwei Stufen: unten kieselige Mergellagen, mergelige Kalke und Kalksteine, darüber Kalksteine, reich an Schalen der Schnecke Thersitea und an Nummuliten; die unmittelbar unter letzteren liegenden Mergel sind glaukonitisch.

Die Phosphate finden sich in zweierlei Weise: entweder sind es Mergelbänke, die bis zu  $\frac{3}{5}$  der Gesamtmasse aus Knollen von verschiedenen Dimensionen bestehen; diese sind um so ärmer, je größer sie sind, indem sich der Phosphorsäuregehalt gewissermaßen nur auf eine äußere Kruste beschränkt, während das Innere taub ist. Die kleinen Konkretionen erreichen dagegen einen Gehalt von 70%  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ . Außerdem findet sich der Phosphorit in Form eines gelbgrauen oder braungrünen zerreiblichen Gesteines, welches aus einer kalkigen Grundmasse und feinsten, glänzenden, braunen oder grünen Phosphoritkörnern besteht; es enthält auch Quarzkörnchen, Fragmente tierischer Reste, wie von Krebsen, Fischzähne und Saurierknochen, sowie Koprolithen. Dieses und die zuerst genannten Knollen sind reich an bituminöser Substanz. Die Kalkphosphatbänke wechsellagern mit knollenführenden Schichten; sie werden von wenigen Zentimetern bis zu mehreren Metern mächtig und lassen sich im südlichen Gebiet bei Gafsa und Tamerza in Tunis 50—60 km weit verfolgen. Die letztere Art des Phosphoritvorkommens wird bei Tebessa an der tunisischen Grenze lebhaft abgebaut; die unterste der drei Phosphatbänke ist in dortiger Gegend 3—4,5 m mächtig.

<sup>1)</sup> Mit dieser Auswitterung mag wohl eine Wegfuhr des kohlensauren Kalkes und damit eine Anreicherung des Phosphats und Fluorids zusammenhängen.

<sup>2)</sup> Thomas, Gisements de phosphate de chaux des Hauts-Plateaux de la Tunisie; Bull. soc. géol. d. Fr. (3), XIX, 1890—1891, 370—407; Ref. N. Jahrb., 1894, I, —160—161—. — Blayac, Description géologique de la région des phosphates du Dyr et du Kouif près Tébéssa; Ann. d. min. (9), VI, 1894, 319—330. — Ders., Note sur les lambeaux suessioniens à phosphate de chaux de Bordj Redir et du Djebel Mzeita; ebenda 331—337. — Levat, Étude sur l'industrie des phosphates et des superphosphates; ebenda (9), VII, 1895, 5—260, Lit.

Größere Mengen von Phosphorit werden gegenwärtig auch in der Gegend von Bordj Redir und am Djebel Mzeita in der Provinz Constantine gewonnen. Südwestlich von Constantine liegen die Vorkommnisse von Misla und Bordj-Bu-Arreidj, wo Phosphatlager von 1,50 und 1,20 m Mächtigkeit mit einem Gehalt von nicht ganz 50%  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  über 70 km weit verfolgt worden sind.<sup>1)</sup> Die Zahl der mit mehr oder weniger günstigem Erfolg erschlossenen Vorkommnisse ist sehr groß. Es wurden exportiert im Jahre 1903:

aus Gafsa . . . . .	358471 t,
aus der Provinz Constantine . . . . .	170660 t,
aus der Gegend von Tebessa . . . . .	106871 t.

Demnach gehören diese afrikanischen Gebiete zu den ersten Phosphoritproduzenten der Erde.

Neuerdings hat man auf der Inselgruppe von Malta<sup>2)</sup> im Oligocän Phosphorite entdeckt und in Abbau genommen. Die Insel Malta und das nordwestlich davon gelegene Gozzo bestehen aus zumeist flachliegenden Schichten des Oligocän und des Miocän, welche mehr oder weniger phosphorsäurehaltig sind. Der Gehalt beträgt z. B. in den Grünsanden des Miocän (Helvetien) bis 6%, der oligocäne Globigerinenkalk, welcher einen großen Teil der Oberfläche von Malta ausmacht, führt in seiner Gesamtmasse zwar nur 2—3%, in den in ihm enthaltenen Phosphoritknollen aber 10—18% Phosphorsäure. Solche Konkretionen kommen zwar auch in dem Grünsand vor, aber nur in dem Kalkstein haben sie solche Verbreitung, daß sie abgebaut werden können. Man kennt in letzterem vier Bänke von Phosphoritknollen mit Mächtigkeiten von 1—4 Fuß; eine derselben läßt sich durch die Plateaus beider Inseln verfolgen. Die Knollen enthalten phosphatisierte Reste von Mollusken, Korallen, Echinodermen, Krebsen, Haifischen und walfischartigen Tieren mit einem an Foraminiferen sehr reichen Kalkzement.

Im Tertiär Deutschlands sind Phosphoritknollen stellenweise zu finden und mitunter früher auch abgebaut worden. v. Koenen<sup>3)</sup> erwähnt ein Lager von solchen, fälschlich als Koprolithe bezeichnet, welches seinerzeit am Gehlberge, südwestlich von Helmstedt in Braunschweig ausgebeutet wurde. Es ist nur wenige Zoll mächtig und liegt in einem Glaukonitsande des Unteroligocäns. Solche Knollen sind in der Gegend von Magdeburg (bei Wolmirsleben, Osterweddingen) weiter verbreitet und haben sich nach v. Koenen erst nachträglich in dem Sande gebildet. Ein anderes Phosphoritvorkommen aus dem Mitteloligocän von Zwenkau

<sup>1)</sup> Genaueres bei Levat, Blayac und Ztschr. f. prakt. Geol., 1904, 221—222.

<sup>2)</sup> Murray, The Maltese Islands, with special reference to their geological structure; Scot. Geogr. Magaz., VI, 1890; Ref. N. Jahrb., 1891, II, — 131—133 —. — Cooke, The phosphate beds of the Maltese islands; Eng. Min. Journ., LIV, 1892, 200—201; Ref. Ztschr. f. pr. Geol., 1893, 243. — Ders. im Mediterr. Naturalist, II, 1892, No. 14; Ref. N. Jahrb., 1895, I, 509.

<sup>3)</sup> Über die Phosphorite der Magdeburger Gegend; Sitzb. d. Ges. z. Bef. d. ges. Naturw. z. Marburg, 1872, No. 10; Ref. N. Jahrb., 1873, 660. Siehe ferner Vater, Das Alter der Phosphoritlager der Helmstedter Mulde; Ztschr. d. deutsch. geol. Ges., XLIX, 1897, 628—635.

und Gautzsch bei Leipzig hat H. Credner<sup>1)</sup> beschrieben. Die Knollen sind an eine Quarzsandbank gebunden und enthalten zersetzte Fischreste, Abdrücke und Steinkerne von Mollusken. Die phosphoritführende Bank liegt zwischen Tonbänken und der ganze Komplex auf Braunkohle.

Es verdient schließlich erwähnt zu werden, daß die Tiefseeforschungen auch auf dem Grunde der heutigen Meere Phosphatknollen nachgewiesen haben. So förderte der Challenger am Cap der Guten Hoffnung solche aus Tiefen bis zu etwa 570 m.

#### IV. Die schichtigen Schwefellager.

Der Schwefel tritt in der Natur in sehr verschiedener Weise in gediegenem Zustande auf. Nur selten und in geringen Mengen bildet er sich bei der Verwitterung von Sulfiden wie Bleiglanz, Pyrit oder Antimonit. Mehrfach wird er in geringeren Massen als gelegentliche Einsprengung in Gips beobachtet, so zu Weenzen bei Lauenstein im Ith, auf Anhydrit, Polyhalit und Carnallit von Staffurt, zu Hallein, Ischl, Bex, Friedrichshall usw. Mit Bischof betrachtet man solche Vorkommnisse, häufig wohl ohne hinreichende Begründung, als jüngere Gebilde, indem man annimmt, daß Gips durch organische Substanz zu Schwefelcalcium und dieses mit Kohlensäure und Wasser in Kalkcarbonat und Schwefelwasserstoff umgewandelt worden sei. Aus letzterem müßte dann durch Oxydation der Schwefel hervorgegangen sein. Größere Mengen von Schwefel sind das Produkt von Schwefelwasserstoffthermen. Aus den letzteren scheidet sich unter Luftzutritt Schwefel als Schwefelmilch aus.

Eine technische Bedeutung haben die Schwefelabsätze an Vulkanen oder in vulkanischen Gegenden erlangt. So liefert Japan alljährlich mehrere tausend Tonnen Schwefel an die Westküste Nordamerikas; auf den neuseeländischen Inseln, in Chile, am Kamerunvulkan, vor allem am Popocatepetl in Mexiko, auf den Vulkanen des Kaukasus und des nördlichen Persiens, Islands, der Sunda-Inseln, in Westindien und an vielen anderen Orten lagern große Massen dieses Minerals und sind z. T. Gegenstand eines lokalen Verbrauchs geworden. Auf dem Vulkan Vulcano (Liparen) hat man seit uralten Zeiten Schwefel, in den 80er Jahren einige hundert Tonnen, und zuletzt auch Salmiak und Borsäure gewonnen.<sup>2)</sup>

Die Wichtigkeit aller dieser Vorkommnisse tritt aber weit zurück gegenüber den sedimentären Schwefellagern, deren Typus diejenigen der Insel Sizilien sind. In geologischer und mineralogischer Hinsicht sind dieselben von einer bemerkenswerten Gleichförmigkeit. Der Schwefel bildet bald in erdiger, bald in derber, dann gern kolophoniumähnlicher Beschaffenheit in Konkretionen und dünnen Bänken und Streifen Einlagerungen in Mergel und Kalkstein, welche von Gips und Tonen, seltener von sandigen Lagen und hier und da von Steinsalzlinsen begleitet werden. Die Struktur zahlreicher gut bekannter Vorkommnisse ist eine schichtige. Recht häufig bricht Coelestin, mehrfach Baryt und Aragonit

<sup>1)</sup> Die Phosphoritknollen des Leipziger Mitteloligocäns und die norddeutschen Phosphoritazonen; Abh. math.-phys. Classe k. sächs. Ges. d. Wiss., XXII, 1895, 1—46; Ref. N. Jahrb., 1897, I, — 126 —.

<sup>2)</sup> Bergeat, Von den äolischen Inseln; Ztschr. f. prakt. Geol., 1899, 43—47.

ein, und Kieselsäure als Quarz, Opal usw. scheint gleichfalls ein gewöhnlicher Begleiter zu sein. Die Anwesenheit von gasförmigen, flüssigen und festen Kohlenwasserstoffen ist für den Schwefel und die begleitenden Ablagerungen charakteristisch; ihre Herkunft dürfte nicht ganz unerklärlich sein, wenn man bedenkt, daß in Sizilien die Schwefellager zwischen Schichten eingelagert sind, die mehr oder weniger aus den Resten von Foraminiferen, Radiolarien und Diatomeen bestehen. Die schwefelführenden Sedimente der verschiedenen Gegenden sind mindestens zum großen Teil aus salzigem Wasser abgesetzt, enthalten indessen mehrfach Reste von Pflanzen, Süßwasserfischen und Landschnecken und sind z. T. geradezu als Fundorte fossiler Pflanzen bekannt (z. B. Kokoschütz, Swoszowice, Radoboj, Sizilien). Oft treten in der Nähe von Schwefellagern Schwefelquellen auf. Alle genauer bekannten schichtigen Schwefellagerstätten gehören dem Neogen und zwar dem Miocän und untersten Pliocän an. Nur unzureichende Mitteilungen liegen über ein Vorkommen im russischen Perm vor. An der Wolga werden Schntüren von Schwefel im permischen Mergel angetroffen. Bei *Sukeevo*<sup>1)</sup> im Gouv. Kasan bildet das Mineral angeblich Imprägnationen und Drusen in der Mächtigkeit von 2—7 Fuß, dabei soll der Gehalt zwischen 2,5—8% schwanken. Dieses Vorkommen ist früher abgebaut worden.

Die ausgedehntesten Schwefellagerstätten der Erde sind diejenigen der Insel **Sizilien**.<sup>2)</sup> Sie verbreiten sich dort über den größten Teil der Insel in einem Gebiete, das durch die Linien Trapani-Paternò (am Aetna), Paternò-Licata (an der Südküste) und Licata-Trapani (Westküste) roh umschrieben ist. Sie fehlen dem Nordosten und dem äußersten Südosten der Insel. Die Schwefellagerstätten gehören dem untersten Pliocän (Messiniano)<sup>3)</sup> an, dessen Ablagerungen auf Sizilien die weiteste Verbreitung besitzen und scheinbar einmal eine fast ununterbrochene Decke gebildet haben, welche erst später durch die im mittleren Pliocän eingetretene Gebirgsfaltung und die darauffolgende Denudation in zahlreiche mehr oder weniger große Einzelgebiete zerrissen worden ist. Zudem hat die jüngste pliocäne und quartäre Bedeckung ihren Zusammenhang hier und da weithin undentlich gemacht. Nach Baldacci bildete das sizilianische unter-

<sup>1)</sup> Keppen, *Mining and metallurgy of Russia*, 1893, 90.

<sup>2)</sup> Baldacci, *Descrizione geologica dell'Isola di Sicilia*; *Mem. descritt. d. Carta geol. d'Italia*, I, 1886, 89—122 und bes. 228—302, 331—374. — vom Rath, *Ein Ausflug nach den Schwefelgruben von Girgenti*; *N. Jahrb.*, 1873, 584—603. — v. Lasaulx, *Beobachtungen in den Schwefeldistrikten von Sicilien*; ebenda 1879, 490—517. — Mottura, *Sulla formazione terziaria nella zona solfifera di Sicilia*; *Mem. Com. Geol.*, I, II, 1871 bis 1872. — Ders., *Formation solfifère de la Sicile*; *Bull. d. soc. d'industr. min.* (2), X, 1881, 147 ff. — Stoehr, *Notizie preliminari su le piante ed insetti fossili della zona solfifera della Sicilia*; *Boll. R. Com. geol.*, 1875, No. 9—10; *Ref. N. Jahrb.*, 1877, 321. — Ders., *N. Jahrb.*, 1874, 169—171. — Ledoux, *Les mines de soufre de Sicile*; *Ann. d. mines* (7), VII, 1875, 1—84. — Spezia, *Sull'origine del solfo nei giacimenti solfiferi della Sicilia*, Torino 1892; *Ref. N. Jahrb.*, 1893, I, — 281—282—; *Ztschr. f. Kristallogr.*, XXIV, 1895, 412—414.

<sup>3)</sup> Siehe E. Kayser, *Formationskunde*, II. Aufl., 1903, 520. — Baldacci rechnet die Schwefel-Gipsformation zum oberen Miocän und parallelisiert sie mit der Congerienstufe.

pliocäne (nach ihm obermiocäne) Meer die lagunenartige, flache Verbindung zwischen dem heutigen afrikanischen und dem tyrrhenischen. Die Unterlage der jungtertiären Ablagerungen im allgemeinen sind mesozoische Ablagerungen der Trias, des Jura, der Kreide und die größtenteils aus Nummulitenkalken, in ihren oberen Teilen auch aus bituminösen Tonen und Fischreste führenden Fucoiden-Mergeln bestehenden Eocänablagerungen. In dem eigentlichen Schwefelgebiete ist die Verbreitung des jüngeren Tertiärs eine fast ganz ununterbrochene, und nur stellenweise treten aus demselben die älteren Gesteine hervor.

Die hauptsächlichsten Orte der Schwefelgewinnung sind folgende: Lercara, Aragona, Casteltermini, Castrogiovanni, Caltanissetta, Villarosa, Racalmuto, Grotte, Valguenera und Sommatino-Riesi. Im Westen der Insel liegen noch Vorkommnisse bei Alcamo, Calatafimi und Gibellina, zwischen Palermo und Lercara bei Ciminna, während die südlichsten bei Caltagirone, die östlichsten bei Rammaca und Raddusa und endlich bei Centuripe, südwestlich vom Aetna auftreten. Die größte WO. gerichtete Ausdehnung des Gebietes beträgt ungefähr 180, die größte Breite etwa 80 km. Die in den betreffenden Gebieten fast ausschließlich in Betracht kommenden obermiocänen und pliocänen Schichten setzen sich folgendermaßen zusammen:

Sandige, gips- und steinsalzhaltige Tone mit Einlagerungen von bitumen- und petroleumhaltigen Schiefern und stellenweise etwas Lignit bilden das Liegendste. Sie entsprechen dem Tortonien und mögen über 1000 m mächtig sein. Im Gebiete dieser Tone liegen an verschiedenen Orten Schlammvulkane (Maccaluben). Mitunter entwickeln sich in diesen Schichten wirkliche Sandsteine und sogar Quarzite.

Über den Tonen folgen die Tripelschiefer (tripoli). Sie erreichen bei Racalmuto eine größte Mächtigkeit von 150 m, im allgemeinen aber beträgt diese nur 60—70 m. Es sind weiße, mehlig, gebänderte oder feinblättrige Schichten, die im wesentlichen aus den Kieselpanzern von Radiolarien und Diatomeen und aus Schwammresten bestehen, bituminös riechen und 30—70%  $\text{SiO}_2$ , daneben auch etwas Kalk und Magnesia und mergelige Substanz führen. Sie enthalten Fisch-, Insekten- (Libellen-) und Pflanzenreste, stellenweise auch etwas Lignit und in seltenen Fällen Schwefel. Die tripoli entsprechen der sarmatischen Stufe.

Unmittelbar über den Tripelschiefern und durch Übergänge mit diesen verbunden folgt die formazione gessoso-solfifera. Dieser Schichtenkomplex hat auf der Insel eine ungeheure Verbreitung über fast 800 qkm. Wenigstens als Gips-horizont läßt er sich etwa 250 km weit von einem Ende bis zum anderen verfolgen und bedingt die furchtbare Öde und Unfruchtbarkeit der Landstriche, in denen er zutage liegt. Die Schichten sind gefaltet und häufig bis zu senkrechtem Einfallen aufgerichtet; sie bilden Hügel und Berge bis zu mehreren hundert Meter Höhe. Gelegentliche Funde von Congerien, Pecten und Cardium kennzeichnen sie als marine Schichten. Im übrigen sind sie fast fossilfrei und enthalten nur mitunter u. a. Fischreste oder fossiles Holz. Die formazione gessoso-solfifera besteht aus Gipsen, schwefelführenden Kalksteinen, Tonen (sog. tuffi) mit mehr oder weniger großem Bitumen- und Salzgehalt und aus feinkörnigen Sandsteinen.

An der Grenze zwischen den Tripelschiefern und dieser Formation liegen nicht selten verkieselte Kalksteine.

Der Gips kommt in verschiedenen Varietäten vor: bald so grobkristallin, daß die Spaltflächen wie Glasscheiben von den Felsen leuchten, manchmal mit fußlangen Kristallen, bald als Alabaster, bald dicht in dünnen Platten (balatino), bald durchmengt mit ziemlich viel Kalk. Schloten und Dolinen sind in den Gipsgebieten sehr verbreitet. Mit den Gipsen wechsellagern bituminöse Tone, die bei Buonpensiero-Nadur Adern und Linsen von Glaubersalz umschließen, welche letztere zeitweise abgebaut worden sind. Es ist bezeichnend für die Entstehungsweise dieses Schichtenkomplexes, daß bei Comitini über einem Schwefellager eine Steinsalzlinsse auftritt.

Der Schwefel findet sich in Bänken von wechselnder Zahl in der Gipsformation. Manchmal folgen sich 3—4 Flöze in geringen Abständen übereinander; ihre Mächtigkeit beträgt 1—2,5 m, manchmal aber auch 6, ja sogar 30 m. In der Hauptsache seines Vorkommens ist er nicht rein, sondern innig durchmengt mit Kalk, Mergel, Gips und mitunter auch gebunden an verkieselte Gesteine. Die Schwefelflöze sind nach Spezia strontianhaltig. Es handelt sich im übrigen nicht um weithin verfolgbare eigentliche Flöze, sondern um Linsen, welche sich fingerförmig vergabeln können. Im Ausstriche sind die Erze zum briscale verwittert, d. h. durch eine Oxydation des Schwefels und unter Einwirkung der so entstehenden Schwefelsäure auf den Kalkstein bildet sich ein zerfressenes, löcheriges, graues oder gelblich-weißes Gestein, dessen Auftreten als ein sicheres Anzeichen für das Vorhandensein eines Schwefellagers in der Teufe angesehen wird. Dasselbe entsteht auch, wenn das Schwefelerz einige Jahre an der Luft gelegen hat. Der Schwefel und der Kalkstein sind mehr oder weniger bituminös und miteinander oft in feiner Bänderung verwachsen (struttura sorjata). Je nach dem Bitumengehalt wechselt die Farbe. Die Schwefelführung der abbauwürdigen Bänke ist recht verschieden; er ist durchschnittlich geringer im Westen als in den zentralen Gebieten der Insel. Mengen von 12—15% gelten nicht als besonders hoch; reichere Lager haben von 15—20%, es kommen aber auch Gehalte von mehr als 30%, ganz vereinzelt von 50%, angeblich zu Naro sogar von 80—90% vor.

Innerhalb der Schwefelflöze finden sich Höhlungen, deren Wände mit den bekannten prachtvollen Schwefelkristallen bekleidet sind; Racalmuto, Casteltermini und Cianciana sind die bekanntesten Fundorte. Desgleichen kommen solche Kristallisationen auch auf Klüften vor; sie sind begleitet von allerlei anderen Mineralien, nämlich: Kalkspat, Aragonit, Gips, Cölestin, Baryt, Quarz, Chalcedon, Opal und Melanophlogit (ein würfelförmig kristallisierendes Mineral mit 89,46 SiO<sub>2</sub>, 5,60 SO<sub>3</sub>, 1,33 C, 0,25 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> und 2,42 Glühverlust) und Asphalt. Der Cölestin ist stellenweise, wo er sich in reichlichen Mengen findet, Gegenstand des Abbaues und des Exportes geworden, so zu Favara, Licata, Caltanissetta, Sommatino usw. Hier und da wird der Schwefel von reinem Bitumen begleitet. Aus Spalten und Höhlen, welche oft Stalaktiten von Kalkspat enthalten, tritt nicht selten Kohlensäure hervor, und ebenso sind Ausströmungen von Kohlenwasserstoffen fast regelmäßig und manchmal in recht bedeutender

Menge zu beobachten, wenn die salz- und gipsführenden Tone, besonders aber die Sandsteinschichten im Stollenbetrieb angefahren werden; sie sind öfters von Schwefelwasserstoff begleitet. Die Gasausbrüche erfolgen häufig mit Gewalt und sind deshalb gefährlich.

Die Gips- und Schwefelformation erreicht Mächtigkeiten von über 100 m. Sie wird völlig konkordant überlagert von einem bis zu 150 m mächtigen, wohlgeschichteten Komplex von weißen foraminiferenführenden Mergeln und Tonen des Pliocäns, den sog. *trubi*. Darüber folgen die blauen Tone (*creta*), die Muschel-, Korallen- und Bryozoenbreccien und die gelben Sande des oberen Pliocäns und endlich in flachen oder schwach geneigten Tafeln, bis zu 70 m über das Meer ansteigend, die marinen Bildungen des Quartärs. Girgenti und seine berühmten Tempel, sowie die Ruinen von Selinus stehen auf diesen.

Eines der schwefelreichsten Gebiete Siziliens sind die Umgebungen von Racalmuto-Grotte und Caltanissetta. Die ausführlichere Beschreibung Baldaccis von der Pernicegrube bei Racalmuto sei hier wörtlich wiedergegeben. „Aus dem reichen Lager der Pernice hatte man seit einer langen Reihe von Jahren enorme Schwefelmassen gefördert; gegenwärtig kann man einige Teile derselben als erschöpft bezeichnen, aber immerhin bleibt für den Bergbau noch viel zu tun. Ohne die Linsen zu rechnen, die unregelmäßig da und dort im Gips und in den Tonen eingeschlossen liegen, besteht das Vorkommen von Pernice aus zwei reichen schwefelführenden Flözen; das eine, jetzt fast erschöpfte, der sog. Stagnone, steht im oberen Teile des Berges im Kontakt zwischen den Gipsen und den *trubi* an. Es hatte eine mittlere Mächtigkeit von 10 m und ein Einfallen von etwa 25° OSO.; der Gehalt des Erzes war höher als 30%. Dieses Flöz wurde zuerst bearbeitet und verschaffte der Pernice so großen Ruf. Als es fast erschöpft war, glaubte man, daß die Ergiebigkeit der Grube sich dem Ende zuneige, aber ein unternehmender, von Erfolg gekrönter Versuch wandte die Dinge wieder zum guten. Man drang in eine seigere Teufe von 127 m unter den Stagnone vor und durchteufte eine mächtige Lage von kristallinem Gips und Gipsplatten und zwischen-geschalteten tonigen und sandigen Bänken; unter diesen Gipsen fand sich ein etwa 1,30 m dickes Tonlager mit Schwefel und endlich ein reiches und mächtiges Flöz, das durch linsenförmige taube Einlagerungen da und dort in zwei oder drei Teile geschieden ist.“ Dieses Lager ruht seinerseits auf verkieseltem Kalk und dieser auf dem Tripelschiefer.

✓ Die primitive Art des Bergbaues und der Schwefelgewinnung hat u. a. vom Rath geschildert. Heute noch sind die sizilianischen Schwefeldistrikte Stätten des furchtbarsten Elends. Die Schwefelförderung geschieht wohl nur noch unterirdisch, gewöhnlich durch geneigte primitive Schächte von meist geringer Tiefe bis zum Grundwasserspiegel. Die Gruben heißen „*solfare*“. Die Zugutmachung des schwefelhaltigen Gesteines findet jetzt noch meistens in kleinen Öfen, den *Calcaroni*, durch Ausschmelzung statt, wobei ein Teil des Schwefels als Heizmaterial dient, der übrige Teil bei Temperaturen zwischen 115 und 230° als leichtflüssige Masse in Formen abfließt. Dabei werden nur höchstens 70% des Schwefelgehaltes ausgebracht, ja der Verlust beträgt sogar 50%. Neuerdings hat man auch rationellere Gewinnungsmethoden (durch überhitzten Dampf) eingeführt.

Über den auf Sizilien vorhandenen Schwefelvorrat hat Baldacci im Jahre 1886 Berechnungen angestellt. Demnach hätte er ursprünglich etwa 54 Mill. Tonnen betragen, darunter bei Comitini über 15 Mill., bei Racalmuto-Pernice  $9\frac{1}{2}$  Mill., bei Caltanissetta  $8\frac{1}{2}$  Mill., Valguarnera 6 Mill., Villarosa 4 Mill. usw. Seit Anfang des XIX. Jahrhunderts bis 1872 wurden ungefähr 8 Mill., von 1872—1885 4 Mill. Tonnen exportiert, so daß im Jahre 1886 noch 42 Mill. vorhanden waren, welche bei rationellster Ausbeutung einen weiteren hundertjährigen Bergbau gewährleisten könnten.

Im Jahre 1900 standen 681 Schwefelminen im Betrieb, welche etwa 3400000 t Schwefelerz förderten und insgesamt 31500 Arbeiter beschäftigten. Bemerkenswert ist, daß unter den zahlreichen Verunglückungen, welche der Grubenbau mit sich bringt, solche durch Schlagwetterexplosionen und Erstickungen an Schwefelwasserstoff oder Kohlensäure ziemlich häufig sind.

Die durchschnittliche Schwefelausfuhr Siziliens beträgt jetzt jährlich gegen 500000 t; sie belief sich im Jahre 1902 auf 467000 t. Davon gingen allein 169000 t nach Amerika. Der Schwefel findet u. a. in der Schwefelsäure- und Papierindustrie Anwendung und ist vor allem für den Kampf gegen die Rebenkrankheiten in Südeuropa von größter Wichtigkeit geworden.

Auf dem italienischen Festlande werden den sizilianischen sehr ähnliche und scheinbar an denselben Horizont (Congerienschichten) gebundene Schwefellager in der **Romagna** und in den Marken seit längerer Zeit abgebaut. Die 13 im Jahre 1900 tätigen Gruben liegen in den Provinzen Ancona, Forli und Pesaro-Urbino; am bekanntesten sind diejenigen von Cesena. Das ganze schwefelführende Gebiet hat eine Ausdehnung von ungefähr 2000 qkm. Der Schwefel ist gebunden an Kalksteinflöze, welche 30—60 cm, indessen auch bis zu 3 m dick werden und ihrerseits an Gipsschichten gebunden sind. Die Lagerung ist eine ziemlich gestörte. Bekannt sind die schönen, häufig von Asphalt überzogenen Kristalle von Perticara; überhaupt ist auch der derbe Schwefel sehr bituminös, und es ist bezeichnend, daß in dortiger Gegend auch Petroleum vorkommt. Der Schwefel wird begleitet von Kristallen von Gips, Kalkspat, Aragonit, Cölestin und seltener von Quarz. Der durchschnittliche Schwefelgehalt der Lager soll etwa 20% betragen. Im Jahre 1900 wurden in den genannten Provinzen insgesamt 22600 t Schwefel aus 144660 t Erz erzeugt.

Dem unteren Pliocän (Messiniano) gehört auch nach Deecke<sup>2)</sup> das Schwefellager von **Altavilla Irpina** zwischen Benevento und Avellino in Campanien, nordöstlich vom Vesuv, an. Das Nebengestein des Schwefels ist ein feiner grauer, bisweilen glimmerführender Bänderton mit schwankendem Bitumengehalt, in den tieferen Schichten mit schwach petroleumartigem Geruch. In dem Tone liegen mehrere Gipslinsen und zwischen beiden Gesteinen oder nahe ihrer Berührung der Schwefel, der nach Deecke in Form zahlreicher unregelmäßiger Adern das

<sup>1)</sup> Perazzi, Le soufre en Italie; Ann. d. mines (6), VII, 1865, 303—306. Dasselbe in Berg- u. Hüttenm. Ztg., XXV, 1866, 92—93. — Hintze, Handbuch der Mineralogie, I, 1898, 80, nach Jervis, Tesori sotterranei d'Italia, 1881, III, 408. — Fuchs et de Launay, Gîtes minéraux, I, 282. — Rivista del servizio minerario nel 1900, Roma 1901.

<sup>2)</sup> Zur Geologie von Unteritalien; N. Jahrb., 1891, II, 39—48. — Wolf, Verh. k. k. geol. Reichs-Anst., 1869, 195—197.

gesamte Nebengestein durchzieht und auch im Gips selbst in Butzen, Knollen und Adern auftritt. Hohlräume kommen sehr selten am Rande der Gipseinlagerungen vor und enthalten dann hier und da Schwefelkristalle. Der Gehalt an Schwefel nimmt mit der Bitumenführung und der Entfernung vom Gips ab. „Während sonst Fossilien ganz fehlen, trifft man bisweilen, freilich vereinzelt, eingebettet im Tone Ast- und Stammstücke, welche in Braunkohle verwandelt sind, aber zwischen den braunen kohligen Partien reichlichen Schwefel zeigen. Dieser kann sogar die Rolle des versteinernenden Minerals, ähnlich wie Kieselsäure oder kohlen-saurer Kalk, spielen und hat dann die feineren Strukturverhältnisse des Holzes auf das deutlichste erhalten.“ Deecke glaubt, daß der Schwefel durch eine Wechselwirkung zwischen Bitumen und Gips entstanden sei, und daß eine solche heute noch andauere, folgert er aus der hohen Temperatur in der Nähe der Tone. Verschiedene Schwefelquellen und Schwefelwasserstoffexhalationen befinden sich in der Umgegend.

Über Schwefellagerstätten bei Poggio Orlando und bei Arbiola nahe Vagliagli in der Provinz Siena berichtet Pantanelli.<sup>1)</sup> Der schwefelführende Schichtenkomplex besteht bei Poggio Orlando aus schwarzem Ton, Gips und Kalksteinbänken, welche sämtlich schwefelhaltig sind. Das eigentliche Lager ist 1,20 m mächtig; das Mineral scheint hier an kalkige Lagerart gebunden zu sein, und auch der unmittelbar in seinem Liegenden auftretende Kalkstein führt noch etwas Schwefel. Die darunter folgenden Tonschichten enthalten Süßwasserfossilien. Den Ablagerungen wird obermiocänes Alter zugeschrieben.

10 km südlich von Krakau in Galizien, auf dem nördlichen Abhange des Rajskoer Höhenzuges liegt der seit einigen Jahrzehnten aufgelassene Schwefelbergbau von Swoszowice, dessen geologische Verhältnisse zuletzt durch die Schilderung Ambrož<sup>2)</sup> genauer bekannt geworden sind. Nach Tietze sind die schwefelführenden, schwach nach Westen einfallenden Ablagerungen älter als sarmatisch und offenbar mediterran (unteres Miocän). Die Gesamtmächtigkeit derselben beträgt 60 m; sie gliedern sich von oben nach unten folgendermaßen:

1. 6—8 m Sand und Gerölle (mediterran).
2. Grünlich-grauer, 16 m mächtiger Mergel. Derselbe führt in der Nähe des darunter liegenden Schwefellagers kleine Pflanzenreste und Lignitstücke.

<sup>1)</sup> Di alcuni giacimenti solfiferi della provincia di Siena; Bollett. Soc. geol. it. XXII, 1903; Ref. Ztschr. f. prakt. Geol., 1904, 278.

<sup>2)</sup> Beschreibung der geologisch-bergmännischen Verhältnisse der Schwefellagerstätten von Swoszowice. In: Bilder von den Kupferkieslagerstätten bei Kitzbühel und den Schwefellagerstätten bei Swoszowice, redig. von v. Friese, herausgeg. vom k. k. Ackerbau-Ministerium, 1890, Lit. — Ders., Über einige Mineralvorkommen in Swoszowice; Jahrb. k. k. geol. Reichsanst., XVIII, 1868, 291—296. — von Zepharovich, Zur Bildungsgeschichte der Minerale von Swoszowice; ebenda XIX, 1869, 225—229. — von Hauer, Das Schwefelvorkommen bei Swoszowice; Verh. k. k. geol. Reichs-Anst., 1870, 5—8. — Tietze, Die geognostischen Verhältnisse der Gegend von Krakau; Jahrb. k. k. geol. Reichs-Anst., XXXVII, 1887, 423—838, bes. 605—612, Lit. — Schmid, Das Schwefelvorkommen in Swoszowice; Österr. Ztschr. f. Berg- u. Hüttenw., XXV, 1877, 199—200, 214—215.

3. Fester, bläulich-grauer Kalkmergel, die einzige feste Gesteinsbank, welche lokal auftritt und auf den Kluftflächen stellenweise Schwefel und nelkenbraunen Baryt (sowie Cölestin?) und Witherit (nach Schmid) führt.
4. Lichtgrauer Tonmergel mit 6—10 cm dicken Adern von Fasergips. Lokal.
5. Oberes Schwefellager, in schwärzlich-grauem Tonmergel auftretend. „Die mit Schwefel imprägnierten oder Kugelerze einschließenden Mergelschichten bilden linsenförmige oder stockförmige Einlagerungen in Tonmergel, erreichen aber selten 2 m Mächtigkeit. Das obere Erzlager führt stellenweise recht gut erhaltene Pflanzenpetrefakten, namentlich in den feinkörnigen, deutlich geschichteten Schwefelerzen, die eine plattenförmige Absonderung zeigen.“ (Ambrož.)
6. 6—12 m mächtiger Fasergipsschiefer, der stets zwischen den beiden Schwefellagern in flach wellenförmiger Ablagerung auftritt und als Leitschicht diente. Er ist nur stellenweise mit Schwefelkörnern imprägniert.
7. Unteres Schwefellager. Milder, schwärzlich-grauer Tonmergel, in welchem stellenweise kugelige Konkretionen und Bänke von Schwefel auftreten.
8. Lichtgrauer, fein gebänderter, schwefelfreier Mergel, teilweise sandige Striemen einschließend. Liegt unmittelbar auf dem in 120 m Tiefe erbohrten, miocänen Salzton.

Die frühere Annahme, daß zu Swoszowice fünf Schwefelflöze auftreten sollen, hat sich als irrtümlich erwiesen. Weiter nach Süden zu ist das Schwefelvorkommen auch bei Zielona nachgewiesen worden. Der durchschnittliche Gehalt der Lagerstätten war nach v. Hauer 14—16 $\frac{0}{0}$ ; von 1861—1867 produzierte der bis dahin staatliche Betrieb jährlich 15000 t Erz mit 11—12 $\frac{0}{0}$  ausbringbarem Schwefel.

In Oberschlesien war schon längst das Vorkommen von Schwefel im Miocän der Gegend von Rybnik bekannt, bevor anfangs der 80er Jahre des vorigen Jahrhunderts dort wirkliche Schwefellager zum Abbau erschlossen wurden. Zahlreiche Schwefelquellen entspringen daselbst, und ihnen verdankte das Wilhelmsbad bei Kokoschütz seine Gründung. In der Umgebung von **Kokoschütz**<sup>1)</sup> im Kreise Pleß ist das Schwefelvorkommen ganz analog demjenigen zu Swoszowice in Galizien und gehört wie jenes dem unteren Miocänmergel an, der hier durch die reichliche Führung von Laubholz-, Fisch- und Insektenresten ausgezeichnet ist. Das Miocän liegt in einer Mächtigkeit bis zu 200 m unmittelbar über dem Steinkohlengebirge und besteht zu Kokoschütz aus Kalkmergeln mit Einlagerungen von Kalkstein und Gips, aus Gipsschichten, Gipsletten, pflanzenführenden Sandsteinen und schwefelführenden Mergeln. Der Schwefel ist an einen bestimmten Horizont gebunden und bildet darin 4—10 plattenförmige, je 1—8 cm mächtige erdige Lagen oder im Letten eingebettete nierenförmige oder traubige Knollen. Die in gewissen Lagen auftretenden dichten Kalksteinkonkretionen sind häufig von Schnüren kristallinen Schwefels durchzogen; in septarienartiger Ausbildung werden diese Kalkknollen oft von kristallinem Cölestin durchhäutert, oder sie

<sup>1)</sup> Williger, Schwefelvorkommen in Oberschlesien; Ztschr. f. Berg-, Hütten- u. Sal.-Wes., XXX, 1882, 264—271. — von Lasaulx, Das Schwefelvorkommen von Kokoschütz bei Ratibor; Sitzber. Niederrh. Ges., 1882, 48—49. — Weiß, Ztschr. d. deutsch. geol. Ges., XXXV, 1883, 211.

enthalten in den Rissen Kristalle des letzteren, solche von Schwefel und von Kalkspat. Im Schwefellager von Pschow wurde auch Baryt gefunden. Ebenso kommen Schwefelkristalle in Hohlräumen des Kalksteines vor. Die ganze schwefelführende Mergelmasse hat eine Mächtigkeit von 0,5—7 m und ein sehr flaches Einfallen. „Das zwischen dem plattenförmig abgelagerten Schwefel befindliche, stark bituminöse Mergelmittel ist lamellenartig mit unzähligen Schwefelschnüren durchzogen, welche in gleicher Regelmäßigkeit sich fortsetzen und ungefähr 20% der Ablagerung ausmachen. Nesterartige Anhäufungen reinen Schwefels in Knollenform durchschwärmen außerdem noch ohne Regelmäßigkeit die Lagerstätte, welche sie beträchtlich anreichern.“ (Williger.) Die reichen Erze von Kokoschütz enthielten 25—30%, die armen 5—8% Schwefel.

Ähnliche Schwefelablagerungen wie in Oberschlesien und Galizien kommen auch zu Czarkow<sup>1)</sup> und Stara-Korczyn und ferner zu Piotrkowice bei Proszowice im südlichen Russisch-Polen vor. Die Mächtigkeit der schwefelführenden Masse beträgt zu Czarkow 2—20 m, ihr Gehalt in den oberen Teilen 10%, in den unteren angeblich 25—70%. Die Gruben sind aufgelassen. Über ein miocänes Schwefelvorkommen in Ostgalizien hat Windakiewicz<sup>2)</sup> berichtet.

Seit Anfang des XIX. Jahrhunderts bis 1864 ist ein Schwefelvorkommen zu Radoboj<sup>3)</sup> in Kroatien abgebaut worden. Dasselbe besteht aus zwei Flözen. Das eine ist ein durchschnittlich 8—10 Zoll mächtiger, schwarzer, mürber Mergelschiefer mit nuß- bis kopfgroßen Konkretionen von Schwefel und mit etwas Gips. Sein Hangendes bildet Mergel, sein Liegendes ist ein gewöhnlich fußmächtiger, graugrüner, etwas toniger, feinkörniger und schieferiger Sandstein mit zahlreichen Resten von Pflanzen, Fischen und Insekten, sowie vielen Alveolinen (Foraminiferen). Darunter folgt das zweite, durchschnittlich 10—12 Zoll mächtige Schwefelflöz, das petrographisch zwar dem oberen ähnlich ist, jedoch den Schwefel in so feiner Verteilung führte, daß derselbe nur durch Destillation daraus gewonnen werden konnte. Es enthält gleichfalls Foraminiferen. Dieses Flöz ruht endlich auf tonigem bituminösem Schiefer und auf Mergelschiefer. Die Schwefelführung der Mergel ist keine stetige, sondern sie entwickeln sich aus tauben Lagen. v. Morlot schreibt darüber: „Die dem oberen Schwefelflöz entsprechende, aber taube Schicht, welche sonst licht ist, wird allmählich dunkler; dann fangen an Kugeln von Kalkspat sich auszuscheiden, welche noch keinen Schwefel enthalten, sondern nur aus braunem, im Innern kristallinischem bituminösem Kalkspat bestehen; bisweilen sind sie hohl und mit Wasser gefüllt, welches beim Auslaufen nach Schwefelwasserstoff riechen soll; dann kommen Kugeln von dunkler mehligter Masse, die aber mit Säure nicht braust, dann erscheint Schwefel beigemischt, und endlich folgen die ganz reinen Kugeln von ganz reinem derben Schwefel, der nur durch Bitumen leberbraun gefärbt ist und eine Schale von einer helleren mehligten, mergeligen Masse hat. Dieser Übergang findet statt auf eine Länge von 2 Schuh bis 4 Klafter.“ Die schwefelführenden Mergel von Radoboj mit ihrer Flora gehören nach Pilar<sup>4)</sup> der sarmatischen Stufe (dem Obermiocän) an.

In Südfrankreich werden schwefelführende Tertiärablagerungen in den Departements Vaucluse und Basses-Alpes abgebaut. Bei Tapets, nahe Apt,

<sup>1)</sup> Keppen, Mining and metallurgy of Russia; For the Worlds Columbian Exposition, 1893, 90. — Hintze, Handbuch der Mineralogie, I, 1898, 77.

<sup>2)</sup> Das Schwefelvorkommen in Dzwiniacz bei Bohorodczany; Österr. Ztschr. f. Berg- u. Hüttenw., XXII, 1874, 39—40.

<sup>3)</sup> v. Morlot, Über die geologischen Verhältnisse von Radoboj in Kroatien; Jahrb. k. k. geol. Reichs-Anst., 1850, 268—279. — v. Hauer, Geologie der österr.-ung. Monarchie, 1878, 650—651.

<sup>4)</sup> Über die geologischen Verhältnisse der Gegend von Radoboj in Croatien; Verh. k. k. geol. Reichs-Anst., 1877, 99.

nördlich der Durance, tritt Schwefel als eine 0,8 m mächtige Imprägnation in einem dolomitischen und gipsführenden Kalkstein auf; die Schichten gehören dem Miocän an. Das Mineral fehlt in den Schichtenmulden und ist nur in den Aufwölbungen vorhanden, was damit erklärt wird, daß dasselbe durch Lösungen, welche gerade längs dieser tieferen Stellen zirkulierten, weggeführt wurde, wobei das Gestein sichtlich löcherig und mürbe geworden ist, die in ihm enthaltenen Gipslagen verschwunden sind.<sup>1)</sup> In denselben Schichten kommt Schwefel neben Braunkohlenlagern bei Manosque am rechten Duranceufer vor.<sup>2)</sup> „Das Braunkohlenbecken der Basses-Alpes dehnt sich auf dem rechten Ufer der Durance im Norden von Pierrevert, Manosque und Volx in einem fast südöstlich streichenden Streifen aus, dessen größte, von Montfuron bis Bois-d'Asson reichende Länge 16 km beträgt, während die Breite zwischen Manosque und Saint-Martin-de-Renecas mit ungefähr 10 km ihr Maximum erreicht. Es handelt sich um lakustrische Bildungen miocänen Alters, die auf neocomem Kalk liegen, welcher östlich von Volx und westlich von Montfuron zutage tritt. Die lakustrischen Bildungen werden im NW. von mariner Molasse bedeckt, welche sich auch nach SW. ausdehnt; hier dient sie der Braunkohlenformation von Sainte-Tulle, Pierrevert, Manosque und Volx als Hangendes. Das Braunkohlengebirge besteht aus abwechselnden Lagen von Sandsteinen, Kalksteinen, Tonschiefern und Gips, die meist gefaltet und steil aufgerichtet sind. Sie umschließen neben einer großen Menge von Braunkohlenflözen, bituminösen Kalk- und Schieferschichten und Asphalt sandsteinen auch Schichten, die von gediegen Schwefel imprägniert sind. Man fand den Schwefel bei Braunkohlenaufschlußarbeiten in mehreren Schichten mit ostwestlichem Streichen und einem Einfallen von 75—80°. Die Imprägnationszone hat eine sehr regelmäßige Erstreckung und einen Schwefelgehalt, der im Durchschnitt höher sein soll als der der sizilianischen Vorkommen. Eine 776 m lange Strecke durchquert 7 abbauwürdige Schwefellager und mehrere Braunkohlenflöze.“ Auch bei Marseille sind neuerdings Schwefellager entdeckt worden. Man förderte im Jahre 1901 im Departement Basses-Alpes 1500 t, in Vaucluse 4184 t, in Bouches-du-Rhône 1151 t Schwefelerz, deren Schwefel in den Weingegenden Frankreichs und Algiers verbraucht wurde.

Es erscheint nach dem obigen fraglich, ob die Schwefellager Südfrankreichs nach ihrer Entstehungsweise mit den sicherlich marinen Vorkommnissen Siziliens usw. verglichen werden dürfen.

In Spanien führen miocäne Schichten an verschiedenen Orten Schwefellager. Die wichtigsten Vorkommnisse liegen in den Provinzen Murcia und Albacete. Diejenigen von **Lorca** in Murcia scheinen gegenwärtig die bedeutendsten zu sein; in die gleiche Zone gehören die Lager von Campos, Molina, Lorqui y Fortuna und **Hellín** in Albacete. Nach Botella<sup>3)</sup> kommt dort der Schwefel im obersten marinen Miocän vor, welches aus Tonen, Gipsen und Sandsteinen besteht.

<sup>1)</sup> Delesse, *Modifications des roches*; Ann. d. min. (7), XVII, 1880, 288—289. Nach Roux, *Notice sur le gisement sulfurifère d'Apt*, 1877.

<sup>2)</sup> *Ztschr. f. prakt. Geologie*, 1899, 376. Nach *L'Écho des Mines*, 1899, 15. Juni.

<sup>3)</sup> de Botella y de Hornos, *Descripción geologica-minera de las provincias de Murcia y Albacete*, Madrid 1868; zitiert von Baldacci.

Das Mineral bildet Schichten, Linsen und Knollen, bald von dichter, bald von kristalliner Beschaffenheit, scheinbar mit ziemlich anhaltender Beständigkeit. Zu Lorca kannte man schon im Jahre 1868 drei Schwefellagen von 0,2—0,45 m Mächtigkeit und einem mittleren Gehalt von 30<sup>0</sup>/<sub>0</sub>. Sie sind 8 km weit zu verfolgen. Bei Hellín sind 16 Lagen von über 9 m Gesamtdicke in einen 100 m mächtigen Schichtenkomplex eingeschaltet. Sie sind begleitet von Magnesia- und Tonerdesulfat. Im übrigen sind diese Lagerstätten ganz ähnlich denjenigen in Sizilien; auch hier ist der Schwefel etwas bituminös.

Zu **Teruel**<sup>1)</sup> in Aragonien bildet der Schwefel Einlagerungen in horizontal liegenden Gipsmergeln. Er umschließt dort die Gehäuse von Schnecken (Paludinen, Planorben) und erfüllt dieselben; außerdem sind auch dort Pflanzenabdrücke und Lignit bekannt. Aus **Alicante** erwähnt Sewell ein 7 Fuß mächtiges, steilstehendes Lager, das von einem grauen Ton umschlossen wird und zahlreiche vollkommen ausgebildete Quarzkristalle enthält. Auch zu Conil bei Cadix<sup>2)</sup> ist ein Schwefelvorkommen in tertiärem Kalkstein, Mergel und Gips abgebaut worden. Das Mineral wird dort von Kalkspat und Cölestin begleitet.

Ob die Lagerstätte in der Sierra Gador,<sup>3)</sup> 18 km nördlich der Stadt **Almería** in Granada, eine schichtige ist, erscheint nach den vorliegenden ungenauen Berichten nicht ganz zweifellos. Das Nebengestein des Schwefels bilden angeblich mitteleocäne Kalke, „Kalkkonglomerat“ und Mergel. Im Kalk soll das Mineral samt Gips Klüfte und Hohlräume erfüllen; außerdem bildet es das Zement der Konglomerate und tritt in zahlreichen Trümmern im Mergel auf. Zwischen den letzteren und dem Konglomerat liegt endlich eine verschieden mächtige Schicht mit fast 90<sup>0</sup>/<sub>0</sub> Schwefelerz. Das Erz scheint teilweise bituminös zu sein. Die Mächtigkeit der Schwefelzone wird auf 50 m, ihre Länge auf 400 m angegeben, ihr Durchschnittsgehalt beträgt 15<sup>0</sup>/<sub>0</sub>.

Spanien produzierte im Jahre 1901 in folgenden Provinzen Schwefel: in Albacete 23579 t, in Murcia 35000 t und in Almería 5785 t.

Im Daghestan,<sup>4)</sup> dem nordöstlichen Teile des Kaukasus, sind besonders in früheren Jahren in miocänen Kalken Schwefellager bei **Kchiuta**, etwa 50 km von Temirchanschura, abgebaut worden. Die stellenweise bis zu 4 m mächtigen Linsen und Nester liegen nach Arzruni in Gips, der von Kalken und Mergeln begleitet wird. Die letzteren sind im Kontakt mit dem Schwefel oft ziemlich weit in Alaun umgewandelt, was auf die Tätigkeit von Schwefelwasserstoffquellen zurückgeführt wird. Ebenso möchte Arzruni den Gips für umgewandelten Kalk halten. Aus Arzrunis Beschreibung läßt sich nicht genau erkennen, ob diese und die übrigen im Daghestan verbreiteten Schwefellagerstätten wirklich sedi-

<sup>1)</sup> Sewell, Über die Schwefelwerke der spanischen Provinzen Aragon und Murcia; Berg- und Hüttenm. Ztg., XXII, 1863, 334. — Roth, Chemische Geologie, I, 1879, 88. Nach M. Braun. — v. Cotta, Berg- u. Hüttenm. Ztg., XXI, 1862, 270. — Fuchs et de Launay, Gites minéraux, I, 283.

<sup>2)</sup> Hintze, Handbuch der Mineralogie, I, 1898, 85.

<sup>3)</sup> Ztschr. f. prakt. Geol., 1899, 268. Nach Wilson. — Österr. Ztschr. f. Berg- u. Hüttenw., XLVIII, 1900, 51.

<sup>4)</sup> Arzruni, Die Schwefellager von Kchiuta im Daghestan; N. Jahrb., 1875, 49—51. — Niedenführ, Beiträge zur Kenntnis kaukasischer Erzlagerstätten. Die Schwefellager des nordöstlichen Kaukasus; Chem. Ztg., 1897, 288—305.

mentär sind. In neuerer Zeit hat die Schwefelproduktion von Kchiuta nur mehr 1000 t betragen. Andere kaukasische Vorkommnisse sind die von Albano und Katerfi.

Große Schwefelmassen liegen nach Radde<sup>1)</sup> in der Wüste Karakum in Transkaspien. Bei den Brunnenstellen Schiich und Damly erheben sich etwa vierzig bis zu 90 m ansteigende Hügel, welche aus pliocänen Schichten bestehen und größtenteils aus Schwefel zusammengesetzt sind. Der letztere imprägniert scheinbar am häufigsten einen festen Quarzsandstein und bildet darin Nester und Drusen mit schönen Kristallen; der Gehalt des Gesteines an dem Mineral wird zu 45—80% angegeben. Solche Schwefelvorkommnisse sollen in Transkaspien und am Busen von Karabugas weit verbreitet sein. Das Schwefelgebiet liegt 280 km weit von der Station Askhabad der transkaspischen Eisenbahn entfernt.

Im amerikanischen Südstaat Louisiana<sup>2)</sup> wurde im Jahre 1869 15 km vom Calcasieu-River gelegentlich Petroleumbohrungen ein kolossales Schwefellager entdeckt. Das Bohrprofil war folgendes:

	m
Gelber und blauer Ton . . . . .	48
Grauer und gelber Sand . . . . .	52
Kalkstein . . . . .	33
Reiner Schwefel . . . . .	32
Schwefelführender Gips . . . . .	30
Reiner Schwefel . . . . .	1,8
Schwefelführender Gips . . . . .	7,2
Sehr schwefelreicher Gips . . . . .	133
Schwefelführender Gips . . . . .	30
	367

Auch andere Bohrungen haben die Anwesenheit eines sehr mächtigen Hauptschwefellagers, angeblich mit 70—90% Schwefel ergeben, dessen Gesamtmenge man auf 1,5 Mill. Tonnen berechnete. Eine ausgiebige Ausbeutung dieser Lagerstätten hat bisher noch nicht stattgefunden, so daß die Gesamtproduktion der Vereinigten Staaten an Schwefel, woran neben Louisiana in zweiter Linie auch Nevada und Utah beteiligt sind, nur einige tausend Tonnen im Jahre beträgt und Amerika alljährlich große Mengen davon aus Sizilien einführen muß.

\* Die Frage nach der Entstehung der schichtigen Schwefellager ist bisher noch nicht befriedigend gelöst. Sie kann für die meisten der vorhin besprochenen Vorkommnisse nur gemeinsam sein, und ihre Beantwortung muß dieselben gemeinschaftlich ins Auge fassen. Die schichtigen Schwefellager sind, soweit überhaupt einigermaßen zureichende Mitteilungen das erkennen lassen, stets unmittelbar gebunden an Mergel und Kalksteine, welche in Gips eingelagert und von Tonen und untergeordnet von sandigen Gesteinen begleitet sind. Schwefeldistrikte sind zugleich Gipsgebiete, und demgemäß ist der Schwefel auch

<sup>1)</sup> Vorläufiger Bericht über die Expedition nach Transkaspien und Nord-Chorassan im Jahre 1886; Peterm. Mitt., XXXIII, 1887, bes. 229—230. — Ztschr. f. prakt. Geol., 1900, 331. — Obrutschew, Die transkaspische Niederung; Sapiski d. kais. russ. geogr. Ges., 1890; Ref. N. Jahrb., 1892, II, — 277 —.

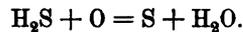
<sup>2)</sup> Preußner, Ein merkwürdiges Schwefelvorkommen in Louisiana; Ztschr. d. deutsch. geol. Ges., XL, 1888, 194—197.

manchmal von Steinsalz begleitet. Wohl stets sind ferner die Schwefellager selbst und die umgebenden Gesteine mehr oder weniger reich an Bitumen, Asphalt, Erdöl und flüchtigen Kohlenwasserstoffen. Endlich ist Cölestin ein häufiger Genosse des Schwefels.

Wie Baldacci hervorhebt und begründet, müssen die Schwefellagerstätten Siziliens in weiten, flachen Meeresbecken entstanden sein, in welchen die Salzlösung schon bis zur Auskristallisation des Gipses, teilweise sogar des Steinsalzes eingeeengt war. Man hat früher aus dem nicht allein in Sizilien, sondern auch von den verschiedensten anderen Schwefelgebieten bekannten Auftreten von Pflanzenresten und dem Vorkommen von Süßwasserfischen schließen wollen, daß die Entstehung des Schwefels in Süßwasserseen vor sich gegangen sei, in welche Gips- und Steinsalz in gelöstem Zustande zugeführt worden wären. Die Unhaltbarkeit dieser Annahme hat Baldacci für Sizilien erwiesen; demnach muß man dort die Anwesenheit der Land- und Süßwasserfossilien mit Einschwemmungen erklären, um so mehr, als in den schwefelführenden Schichten verschiedener Vorkommnisse tatsächlich, wenn auch spärliche, marine Reste gefunden worden sind.

Die Entstehung des Schwefels kann auf verschiedene Weise erklärt werden.

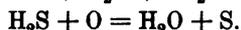
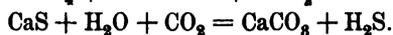
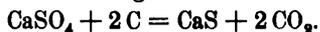
1. Das Mineral könnte als solches ein unmittelbarer Absatz aus dem Wasser sein. In dieser Weise vermöchte es sich durch Oxydation von zuströmendem Schwefelwasserstoff nach der Formel zu bilden:



Die Bildung des Schwefels findet bekanntlich in schwefelwasserstoffhaltigen Wässern schon bei gewöhnlicher Temperatur statt, ist eine allverbreitete Erscheinung und kann in Schwefelthermen und in Wasserpfützen oder Seen in Kratern ruhender Vulkane ohne weiteres beobachtet werden. Sie führt zu einer milchigen Trübung, schmutzig-weißen Schlammabsätzen und mitunter auch zur Bildung von kleinen Kristallen in den betreffenden Wässern. Ein wiederholt beschriebenes Beispiel für diese Bildungsweise sind die Acque albule zwischen Rom und Tivoli. „Es ist dieses ein sehr tiefer Teich von etwa 20—30 Ar Oberfläche, mit klarem blauem Wasser gefüllt, das durch aufsteigende Gasblasen zuweilen lebhaft aufwallt. Die Temperatur des Wassers ist 22—42° C. Es enthält viel Kohlensäure, kohlensaurer Kalk, schwefelsaurer Kalk, Schwefelwasserstoff, Strontian, Magnesia, Eisen. Das Wasser, meist sehr klar, trübt sich oft, vorzüglich in der Nähe eines künstlich geschaffenen Abflusses, durch Abscheidung von Schwefel, und nimmt dann die milchige Färbung an, die ihm den Namen Acque albule verschafft. Der Schwefel fällt im Wasser nieder, und der gleichzeitige Absatz von kohlensaurem Kalk zeigt sich in Inkrustationen von Kalksinter, die am Rande des Beckens und im Abflußkanale wahrgenommen werden. In diesen Kalksintermassen liegen ebenfalls Schwefelkonkretionen. Es vollzieht sich also in diesem Becken der Absatz von schwefelkohlensaurem Kalk und ohne Zweifel auch der anderen begleitenden Mineralien, je nachdem die Konzentration des Wassers sich regelt, sei es durch Zu- und Abfluß, sei es auch durch bloße stärkere Verdunstung.“ (v. Lasaulx nach Stoppani.) Als solcher Absatz aus Landseen sind die sizilianischen Lagerstätten u. a. von v. Lasaulx betrachtet worden, und neuerdings hat auch Spezia dieselben als

Ablagerungen aus schwefelwasserstoffhaltigen Quellen erklärt, welche gleichzeitig den Cölestin, die Kieselsäure, den Kalk und den Asphalt auf dem Grunde eines Meeres abgesetzt hätten, aus welchem der Gips als marines Salz zur Ausscheidung gelangte. Nach Spezia sind die in Drusen auftretenden Mineralien nicht, wie sonst, z. B. auch von v. Lasaulx, angenommen wird, sekundäre Kristallisationen nach einer späteren Wiederauflösung, sondern es sind direkte Absätze in den Spalten, auf welchen die Mineralwässer selbst emporstiegen. Das Empordringen der letzteren steht nach ihm und nach v. Lasaulx im Zusammenhang mit der auf der Insel schon um jene Zeit herrschenden vulkanischen Tätigkeit; dabei wären allerdings die Kohlenwasserstoffe ursprünglich organischer Herkunft, seien aber erst durch die vulkanische Wärme aus organischen Resten gebildet worden. Der Absatz von Cölestin durch thermale Tätigkeit ist glaubhaft, da viele Thermen Strontian führen. Außerdem würde die Auffassung Spezias sehr wohl die Lagenstruktur (*struttura striata*) und den Strontiangehalt der schwefelführenden Kalkbänke erklären. Da dieselben Verhältnisse wie in Sizilien an zahlreichen anderen Orten herrschen, so mußte man freilich annehmen, daß auch dort zu annähernd derselben Zeit analog zusammengesetzte Mineralquellen auf dem Grunde des Meeres sich ergossen hätten.

2. Eine zweite Annahme ist die, daß der in den Schwefellagern vorhandene Schwefel ursprünglich in dem Gips enthalten war und aus diesem durch verfaulende organische Substanz ausgeschieden wurde. Daß ein solcher Vorgang bei niedriger Temperatur möglich ist und in der Natur stattfindet, kann nicht bestritten werden. So hat neuerdings Meunier<sup>1)</sup> eine Neubildung von Schwefel im Untergrunde von Paris beschrieben, die dadurch zustande kam, daß im Jahre 1670 viel Gips enthaltender Schutt zur Ausfüllung alter Wallgräben benutzt wurde, und daß die darin zirkulierenden Wässer mit dem darunter liegenden Torf in Berührung kamen. Es bildeten sich hierbei Schwefelkristalle. Der Vorgang läßt sich durch folgendes Schema ausdrücken:



Dementsprechend nahm Bischof<sup>2)</sup> an, daß die sizilianischen Schwefellager ursprünglich bituminöse Gipse gewesen seien. Infolge der hohen Temperatur des dortigen Klimas, besonders aber durch die vulkanische Durchwärmung des Bodens hätte eine lebhaftere Reduktion des Sulfats in Sulfid stattgefunden und das Calciumsulfid, wie oben, in Berührung mit heißen Wasserdämpfen Schwefelwasserstoff ergeben, der durch Oxydation zu Schwefel bzw. zu Schwefelsäure werden mußte, welche letztere wieder in Berührung mit Kalkstein zur Entstehung von Gips führte. Bischof stützte sich dabei auf die unvollständige Mitteilung Friedrich Hoffmanns, wonach der Schwefel immer nur auf Drusen und Klüften vorkommen sollte, und deshalb konnte auch seine Erklärung zunächst nur einer epigenetischen Entstehung des Schwefels, nicht einer schichtigen

<sup>1)</sup> Production actuelle de soufre natif dans le sous-sol de la place de la République, à Paris; Compt. rend., CXXXV, 1902, 915—916; Ref. N. Jahrb., 1903, II, — 318 —.

<sup>2)</sup> Chemische und physikalische Geologie, II, 1851, 144—164.

gelten. Gleichwohl bilden Bischofs Darlegungen die Grundlage für die Theorien Motturas und Baldaccis.

Mottura nahm an, daß der Absatz des Schwefels in süßen Wässern vor sich gegangen sei, welchen zeitweise Steinsalz, vor allem aber Gips und Calciummonosulfid (CaS) zugeführt wurde. Diese wären aus ausgelaugten älteren Ablagerungen hervorgegangen, in welchen bituminöser Gips schon in Calciumsulfid übergeführt war. Unter dem Einfluß der Kohlensäure in der Luft wäre letzteres dann in Schwefelwasserstoff und Kalkstein verwandelt worden, worauf sich der erstere zu Schwefel und Wasser oxydierte. [Nach Baldacci hat der Schwefelabsatz in einem bereits stark eingedampften Meeresbecken stattgefunden, in welchem zahlreiche Schlammvulkane von der Art der heutigen Maccaluben Siziliens oder derjenigen des kaspischen Gebietes bei Abscheron tätig waren. Das von diesen geförderte und die Eruptionen bewirkende Gas besteht zu mehr als 90% aus Methan, CH<sub>4</sub>, und solche Kohlenwasserstoffe sollen nach Baldacci in den flachen Meeresbecken die Reduktion des Gipses zu Schwefelcalcium bewirkt haben. Die in die Gipse eingelagerten Tonschichten würden dann den Maccalubenschlamm selbst darstellen. Die beiden letzteren Theorien konnten hier nur ganz kurz skizziert werden; im übrigen sei auf Baldaccis ausführliche Behandlung des Gegenstands verwiesen.

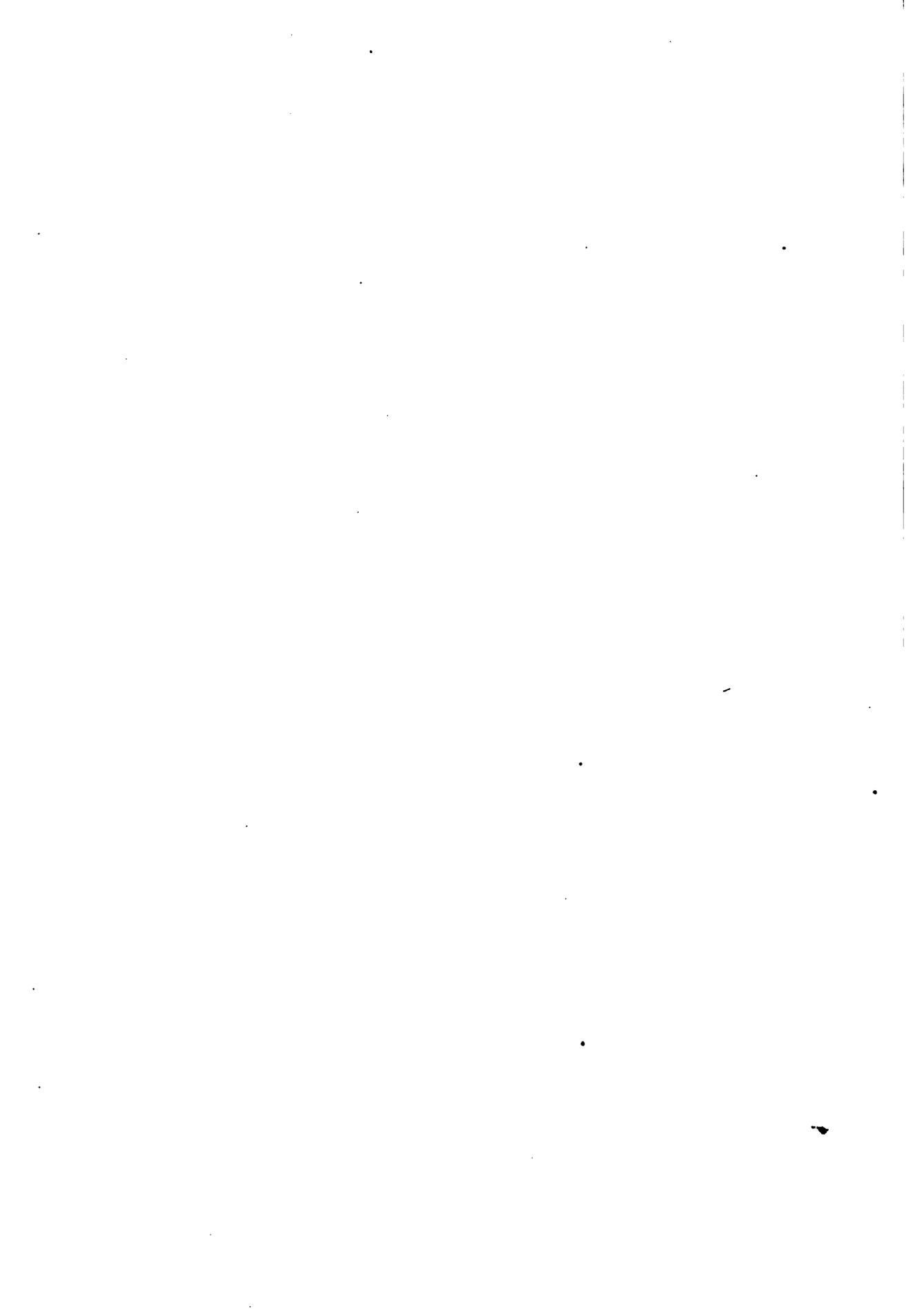
3. Schon früher ist auf die Bildung von reichlichem Schwefelwasserstoff durch Fäulnisprozesse in nicht ventilierten Meeresbecken hingewiesen worden. Die Sulfate des Meerwassers können dadurch in Sulfide umgewandelt werden, aus welchen die bei der Fäulnis entstehende Kohlensäure Schwefelwasserstoff austreibt. Werden nicht durch die Anwesenheit von Metallen Sulfide, wie Schwefeleisen, erzeugt, dann muß der Schwefelwasserstoff eine allmähliche Oxydation zu Schwefel und zu Schwefelsäure erfahren, welche letztere durch Kalkschlamm zu Gips gebunden werden kann. Es ist wohl nicht undenkbar, daß auf solche Weise freier Schwefel zum Absatz gelangt und das in den Schwefellagern verbreitete Bitumen den unvollkommen oxydierten organischen Rest niedriger Lebewesen darstellt, wie die, welche in den sizilianischen Tripelschiefern ihre bituminösen Schalen hinterlassen haben. Ferner sei hier der Schwefelbakterien<sup>1)</sup> gedacht, deren mögliche Rolle bei der Bildung von Schwefellagern nicht übersehen werden darf. Diese Spaltpilze häufen in schwefelwasserstoffreichem Wasser so viel Schwefel in ihren Zellen an, daß derselbe 90% der ganzen Masse ausmachen kann. Ihre Lebensfunktion besteht in einer Oxydation dieses Schwefels zu Schwefelsäure. Die letztere wird durch den Kalkschlamm des Meeres wieder zu Gips gebunden. In den Limanen am Schwarzen Meere spielen sie eine merkwürdige Rolle, indem sie dafür sorgen, daß ein Teil des durch die Fäulnisbakterien gebildeten Schwefelwasserstoffes wieder zur Bildung von Sulfaten benutzt wird. Die Tatsache, daß die Gips-Schwefelbildungen Europas fast ganz ausschließlich und an verschiedenen Orten innerhalb eines verhältnismäßig engbegrenzten Zeitraums fallen, legt die Frage nahe, ob nicht etwa in eben diesem, durch die hydrographischen Verhältnisse gefördert, auch eine besonders reichliche Entwicklung ähnlicher, bei ihrem Absterben Schwefel hinterlassender Lebewesen statthatte. \*

<sup>1)</sup> Siehe ein zusammenfassendes Referat von Doß im N. Jahrb., 1900. I, — 224—228 —.

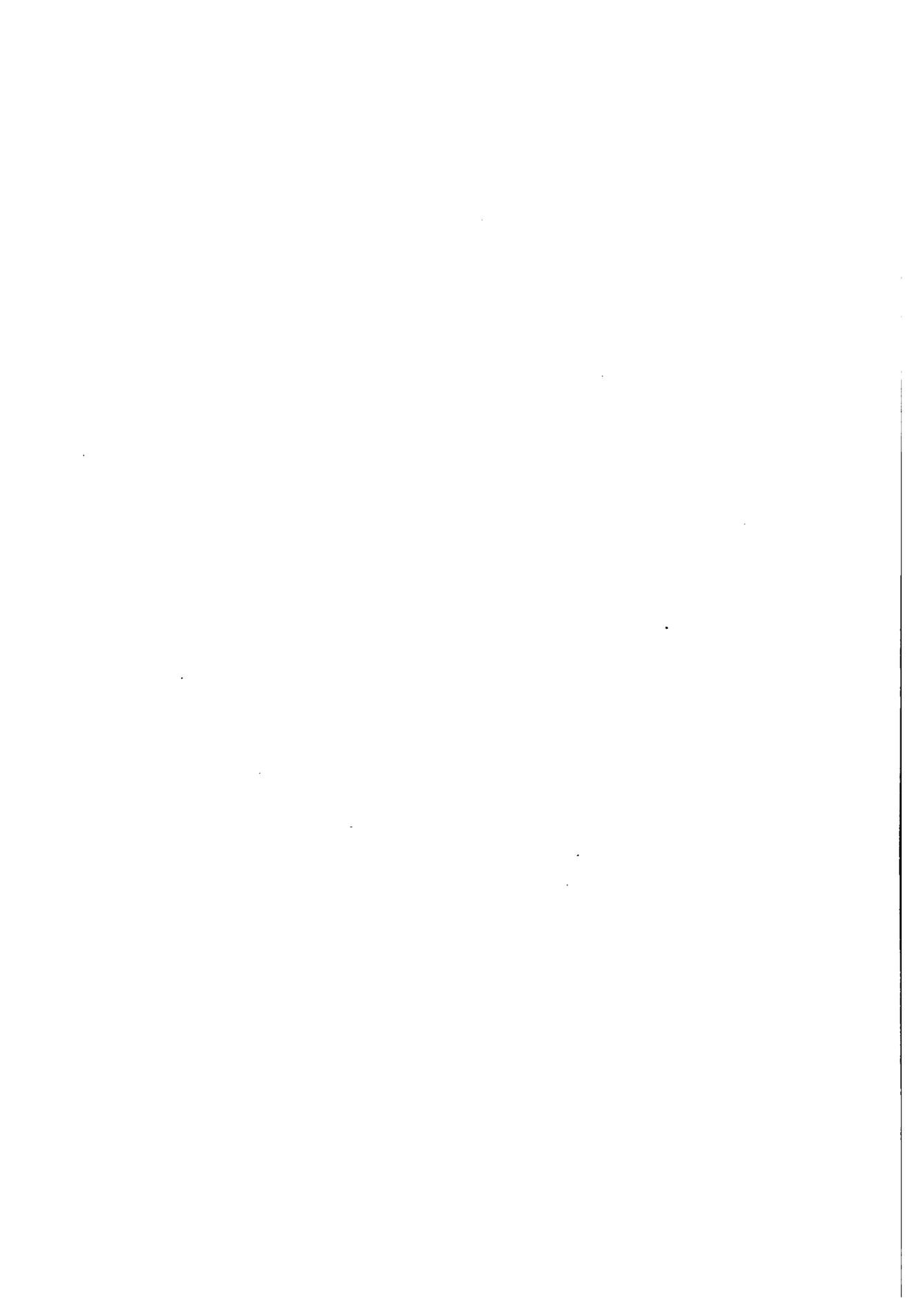
Stelznei



Vering v







## Inhaltsübersicht zur I. Hälfte.

	Seite
<b>Einführung</b> . . . . .	1—8
Literatur . . . . .	6—8
<b>Gesichtspunkte für die systematische Behandlung und Umgrenzung des Stoffes</b> . . . . .	9—14
<b>Systematische Übersicht der Erzlagerstätten</b> . . . . .	15—470
I. Protogene Lagerstätten . . . . .	19—470
1. Die eruptiven Lagerstätten . . . . .	19—85
I. Eruptive Lagerstätten oxydischer Erze . . . . .	22—40
1. Zinnerzführende Granite . . . . .	22—24
2. Magneteisenerz und Titaneisenerz . . . . .	24—33
3. Ausscheidungen von Chromeisenstein in Peridotiten und den daraus hervorgegangenen Serpentin . . . . .	33—40
II. Eruptive Lagerstätten sulfidischer Erze . . . . .	40—63
1. Sulfidische Ausscheidungen in sauren Gesteinen . . . . .	41
2. Sulfidische Ausscheidungen in basischen Gesteinen . . . . .	41—63
Nickelhaltiger Magnetkies (und Kupferkies) gebunden an Gesteine der Gabbrofamilie und deren metamorphe Abkömmlinge . . . . .	42—62
Rotnickelkies gebunden an pyroxen- und chromitführende Einlagerungen in Serpentin . . . . .	62—63
Ausscheidungen von Kupfererzen, Magnetkies, Molybdänglanz usw. aus plagioklasreichen „dioritischen“ Gesteinen . . . . .	63
III. Gediogene Metalle als primäre Ausscheidungen in Eruptivgesteinen . . . . .	64—71
Platin und Nickeleisen in Serpentin . . . . .	64—66
Nickelhaltiges gediogenes Eisen . . . . .	66—69
Ausscheidungen von gediogenem Kupfer in basischen Eruptivgesteinen . . . . .	69
Primäres Gold in Eruptivgesteinen . . . . .	69—71
IV. Ausscheidungen von Halogenverbindungen und Sauerstoffsalzen in Eruptivgesteinen . . . . .	71—72
Kryolith . . . . .	71—72
Apatithaltiger Trachyt . . . . .	72
Anhang: Diamanten in Peridotit . . . . .	72—84
Rückblick auf die eruptiven Lagerstätten . . . . .	84—85
2. Die schichtigen Lagerstätten . . . . .	85—470
Allgemeines . . . . .	85—108
Wesen . . . . .	85—89
Das räumliche Verhalten . . . . .	89—102
Die stofflichen Eigenschaften . . . . .	102—108
Übersicht über die wichtigsten Typen . . . . .	108
Stelzner-Bergeat, Erzlagerstätten.	1

	Seite
I. Schichtige Lagerstätten oxydischer Erze . . . . .	108—264
1. Eisenerzlager . . . . .	108—239
Magnetit- und Eisenglanz-(Roteisenstein-) Lager . . . . .	110—182
a) In kristallinen Schiefen . . . . .	110—168
Anhang: Die Smirgellagerstätten in den kristallinen Schiefen . . . . .	168—170
b) Nicht oolithische Lager von Roteisenstein und Magnet- eisenerz in normalen Sedimenten . . . . .	170—182
Marine Sideritlager . . . . .	182—199
Marine oolithische und oolithähnliche Eisenerzlager . . . . .	199—226
Die lakustren und brackischen Toneisensteine und Sphäro- siderite . . . . .	226—233
Die Rasen-, Sumpf- und Seeerze . . . . .	233—239
2. Manganzlager . . . . .	239—264
Hausmannit-, Braunit- und zinkerzführende Franklinitlager der kristallinen Schieferformation . . . . .	240—247
Lager von Manganoxiden, entstanden aus Rhodnit und Mangankieselchiefer . . . . .	247—254
Lager von Manganoxiden, hervorgegangen aus Mangan- karbonat . . . . .	254—256
Lager von Psilomelan und Pyrolusit als primäre Sedimente in jüngeren marinen Schichten . . . . .	257—262
Manganzlager entsprechend den Sumpferzen . . . . .	262—264
II. Schichtige Lagerstätten sulfidischer Erze . . . . .	264—442
1. Die eigentlichen Fahlbänder (im engeren Sinn) . . . . .	267—272
2. Die Kies-, Blende- und Bleiglanzlager . . . . .	272—369
Die Kieslager . . . . .	272—361
a) Kieslager in metamorphen Schiefen . . . . .	275—328
Die gemeinschaftlichen Merkmale der metamorphen Kies- lager und Schlüsse auf deren Entstehungsweise . . . . .	320—328
b) Kieslager in paläozoischen Tonschiefern . . . . .	328—355
Anhang: Ablagerungen von Schwefeleisen in lakustren und marinen jüngeren Schichten . . . . .	355—357
Allgemeine Bemerkungen über die Entstehung der Kies- lager . . . . .	357—361
Die Blende- und Bleiglanzlager . . . . .	361—369
3. Die goldführenden Kiesfahlbänder . . . . .	369—387
4. Der Kupferschiefer und verwandte Lagerstätten. (Die Kupfer- erzföhrung des Perm) . . . . .	388—418
5. Die blei-, kupfer- und silbererzföhrnden Sandsteine . . . . .	418—439
6. Die kupferführenden Tuffe . . . . .	439—442
III. Schichtige Phosphoritlager . . . . .	442—456
IV. Schichtige Schwefellager . . . . .	456—470
Ortsregister . . . . .	3—15

## Ortsregister zur I. Hälfte.

Aachen, Eisen 227. Schwefel-  
eisen 356.  
Aalen, Eisen 210.  
Acque albule, Schwefel 468.  
Adirondacks, Titaneisen 31.  
Eisen 150, 152.  
Admont, Eisen 188, 192.  
Adorf, Eisen 174.  
Ägypten, Phosphorit 453.  
Ätna, Sublimationen 439.  
Aflenz, Eisen 192.  
Agordo, Kieslager 281, 292,  
301, 321, 322, 326, 328.  
Aguas Tenidas, Kieslager  
347, 349.  
Agulhasbank, Glaukonit 225.  
Ahrntal, Kieslager 280, 322.  
Akhtala, Kupfer 441, 442.  
Ak Sivri, Smirgel 169.  
Alabama, Eisen 186, 205.  
Kieslager 311. Phosphorit  
445, 449.  
Alaska, Gold 3.  
Albacete, Schwefel 465, 466.  
Albano, Schwefel 467.  
Albshausen, Eisen 175.  
Albungen, Kupferschiefer  
406.  
Alcarno, Schwefel 458.  
Alderley Edge, Kupfer 433.  
Alemtejo, Eisen 145.  
Alexandrette, Chromit 39.  
Alfter, Alaunton 356.  
Algier, Eisen 147. Phos-  
phorit 454.  
Algoma, Nickel 56.  
Algringen, Eisen 214.  
Alicante, Schwefel 466.  
Allahverdi, Kupfer 442.  
Alleghany-Gebirge, Eisen  
186. Kieslager 311.  
Allendorf, Kupferschiefer  
406.  
Almendro, Mangan 252.  
Almería, Schwefel 466.  
Alnö, Titaneisen 27, 32.  
Alosno, Mangan 252. Kies-  
lager 353.

Alpe della Valle, Nickel 47.  
Altavilla Irpina, Schwefel  
461.  
Altenau, Eisen 104, 168,  
173, 178.  
Altenbeken, Eisen 207.  
Altenberg (Österr.), Eisen  
192.  
Altenberg (Sachs.), Zinn 4.  
Altenhaßlau, Kupferschiefer  
406.  
Altenleiningen, Kupfer 391.  
Altenmittlau, Kupferschiefer  
406.  
Altsattel, Eisenkies 356.  
Altwater, Eisen 180.  
Alvani, Nickel 47.  
Amanda, Eisen 175.  
Amazonenstrom, Mangan  
263.  
Amberg, Eisen 433.  
Ambon, Chromit 39.  
Amiwh, Kieslager 316.  
Ammeberg, Zink 361, 362.  
Ancona, Schwefel 461.  
Anglesea, Kieslager 315, 322.  
Angora, Chromit 39.  
Annarode 594.  
Annerod, Alaunton 356.  
Annivierstal, Fahlbänder  
269.  
Antiochia, Chromit 39.  
Antonienhütte, Eisen 229.  
Antoniuschacht, Eisen 208.  
Antrim, ged. Eisen 67.  
Apiranthos, Smirgel 169.  
Appalachen, Eisen 186.  
Apt, Schwefel 464.  
Aragona, Schwefel 458.  
Aragonien, Schwefel 466.  
Arbiola, Schwefel 462.  
Archer County, Kupfer 417.  
Ardèche, Eisen 217. Phos-  
phorit 453.  
Ardennen, Phosphorit 453.  
Arendal, Nickel 49. Eisen  
112, 120, 122, 143, 164,  
166, 168.

Åreskuttan, Kobalt 272.  
Ariège, Mangan 256. Phos-  
phorit 448.  
Arkansas, Phosphorit 447,  
449.  
Arksutfjord, Kryolith 71.  
Arschitza, Mangan 111, 248.  
Arzbach, Kupferhütte 281.  
Åsberg, Eisen 124.  
Åsby, Eisen 27.  
Askersund, Kobalt 271.  
Askhabad, Schwefel 467.  
Assam, Eisen 232.  
Asuk, ged. Eisen 68.  
Atacama, Kupfer 4.  
Atlantischer Ozean, Mangan-  
knollen 262.  
Atvidaberg, Kieslager 266,  
320.  
Aude, Phosphorit 448.  
Augsdorf, Kupferschiefer  
398.  
Aumetz, Eisen 214.  
Ausen, Kupfer 427.  
Australien, Kupfer 355.  
Auxois, Phosphorit 144, 450.  
Avallon, Blei 436.  
Aveyron, Eisen 217.  
St. Avoird, Kupfer, Blei 426,  
427, 438.  
Awarua-Bucht, Nickeisen  
65.  
Ayer, Fahlbänder 269.  
Ayrshire, Eisen 231.  
Bachmut, Kupfer 389.  
Badajoz, Eisen 146.  
Badra, Kupferschiefer 402.  
Bailly-aux-Forges, Eisen 221.  
Bakal, Eisen 187.  
Balán, Kieslager 288, 289,  
322.  
Ballenstedt, Kupferschiefer  
393.  
Ballygahan-Grube, Kieslager  
291, 292.  
Ballymurtagh-Grube, Kies-  
lager 292.

- Bamberg, Phosphorit 450.  
 Bamle, Nickel 45, 49, 51.  
   Apatit 143.  
 Banat, Eisen 130, 167. Sulfid-  
 lagerstätten 362.  
 Barbaraberg (Wallerfangen),  
   Kupfer 427, 429.  
 Barbaraberg (Oberpfalz), Blei  
   431.  
 Barbo, Eisen 144.  
 Barkly, Diamant 74, 80.  
 Barmouth, Mangan 256.  
 Barton Hill, Eisen 26, 152,  
   153.  
 Baschka, Eisenhütte 197.  
 Basses-Alpes, Schwefel 464.  
 Basses-Pyrénées, Phosphorit  
   448.  
 Batjang, Chromit 39.  
 Battenberg, Mangan 250.  
 Batum, Mangan 257.  
 Bau auf Gott, Eisen 177.  
 Baveno, Nickel 47.  
 Beckingen, Kupfer 427.  
 Bedfordshire, Phosphorit  
   452.  
 Beiern, Nickel 45, 49, 51.  
 Belgien, Raseneisenerz 235.  
   Phosphorit 445.  
 Belmonte, Grube, Kieslager  
   341.  
 Belvaux, Eisen 214.  
 Benahavis, Nickel 63.  
 Bendigo, Saddle reefs 323,  
   366.  
 Bengalen, Kieslager 315.  
 Bennington County, Eisen  
   186.  
 Bennisch, Eisen 180, 181.  
 Berg, Kupfer 423.  
 Bergamo, Eisen 193.  
 Bergen, Nickel 49.  
 Bergmännisch Glückauf,  
   Eisen 177.  
 Bergmannstrost (Salzgitte),  
   Eisen 221.  
 Beringer Wald, Blei 427,  
   429.  
 Bernbach, Kupferschiefer  
   406.  
 Bersbo, Kieslager 296, 320,  
   327, 368.  
 Berseba, Diamant 82.  
 Berwyn, Phosphorit 447.  
 Bescheid, Blei 425.  
 Beuthen, Eisen 229.  
 Bex, Schwefel 456.  
 Bieber, Kupferschiefer 406,  
   407. Eisen 407.  
 Biedenkopf, Mangan 250.  
 Biella, Nickeleisen 65.  
 Bilbao, Eisen 183.  
 Bilstein, Kupfer 344, 411.  
 Birmingham (Alabama),  
   Eisen 205.  
 Biskra, Phosphorit 454.  
 Bismarckstollen, Kieslager  
   299.  
 Bizerta, Phosphorit 454.  
 Blaafjeld, Titaneisen 29.  
 Black Hills, Zinn 23. Gold  
   387.  
 Blagodat, Eisen 32, 141.  
 Blankenburg, Kupferschiefer  
   403.  
 Blaue Pinge, Eisenerz 178.  
 Bleiberg (St. AvoId), Blei  
   427, 429.  
 Bleiberg (Mechernich), Blei  
   422.  
 Bleibuir, Blei 425.  
 Blezard Mine, Nickel 59.  
 Blue Ridge, Eisen 186.  
 Bocksburg, Kohle 371.  
 Bodenmais, Kieslager 320,  
   327, 368.  
 Bodenstein, Eisen 208.  
 Bodenwöhr, Eisen 206.  
 Bodetal, Eisen 180.  
 Bodö, Kieslager 307.  
 Böhmen, Eisen 200, 202,  
   224, 231, 233. Kupfer  
   389, 391.  
 Böhmisches Brod, Kupfer 391.  
 Bömmelö, Kieslager 297.  
 Bogoslowsk, Mangan 263.  
 Bohnkogel, Eisen 192.  
 Boleo, Kupfer 385, 439, 441.  
 Bolivia, Zinn 4. Kupfer 418.  
 Bolkenhayn, Kieslager 290.  
 Bollingen, Eisen 214.  
 Bona, Eisen 147.  
 Bonbaden, Eisen 175.  
 Bondadel Chierico, Nickel 47.  
 Bordj-Bu-Arreridj, Phos-  
   phorit 455.  
 Bordj Redir, Phosphorit 455.  
 Borneo, Platin 65.  
 Bornholm, Schwefeleisen  
   358. Phosphorit 446.  
 Borsa, Eisen 113.  
 Bosnien, Chromit 36. Eisen  
   185, 193. Mangan 252.  
 Boßmo, Kieslager 297, 309,  
   322.  
 Bouches-du-Rhône, Schwefel  
   465.  
 Boulogne, Phosphorit 453.  
 Bowenfels, Gold 70.  
 Boyertown, Eisen 171.  
 Bräunigweiler, Kupfer 391.  
 Brakpan, Kohle 371.  
 Brandenburg, Raseneisenerz  
   236.  
 Brasilien, Gold 70, 110.  
   Diamant 82. Eisen 110.  
   Mangan 254.  
 Bredelar, Eisen 174.  
 Brescia, Eisen 193.  
 Bretagne, Eisen 185.  
 Brezik, Eisen 194.  
 Briansk, Phosphorit 453.  
 Briaza, Chromit 36.  
 Bricco della Forcola, Mangan  
   247.  
 Briey, Eisen 214.  
 Brilon, Eisen 174.  
 Britisch Columbia, Platin 65.  
 Broken Hill, Blei, Zink,  
   Silber 361, 364.  
 Brussa, Chromit 39.  
 Buchweiler, Alaunton 356.  
 Büchenberg, Eisen 173, 178.  
 Bückeburg, Eisen 196.  
 Büzistock, Tektonik 99.  
 Bukowina, Chromit 36.  
   Eisen 111, 113, 196.  
   Mangan 248. Kieslager  
   288, 289.  
 Bulandika, Eisen 187.  
 Bultfontein, Diamant 76, 80.  
 Buntentock, Eisen 178.  
 Bunte Wormke, Eisen 180.  
 Buonsensiero-Nadur, Glau-  
   bersalz 459.  
 Burgbrohl, Eisensäuerling  
   358.  
 Burgörner, Kupferschiefer  
   398.  
 Burra-Burra-Grube (Tennes-  
   see), Kieslager 314.  
 Butte, Kupfer 415.  
 Cabezas Rubias, Mangan 252.  
 Cabo de Gato, Apatit 72.  
 Čačak, Chromit 37.  
 Cadiz, Schwefel 466.  
 Cala, Kieslager 351.  
 Calamita, Eisen 362.  
 Calañas, Mangan 252.  
 Calatafimi, Schwefel 458.  
 Calcasieu-River, Schwefel  
   467.  
 Calloway-Grube, Kieslager  
   314.  
 Caltagirone, Schwefel 458.  
 Caltanissetta, Schwefel 458,  
   460, 461. Cölestin 459.  
 Calvados, Eisen 185.  
 Cambridgeshire, Phosphorit  
   452.  
 Campiglia Marittima, Kon-  
   taktlagerstätten 362.  
 Campo frio, Mangan 252.  
 Campos, Schwefel 465.  
 Cap de Fer, Eisen 147.

- Cap Vani, Mangan 260.  
 Capo Becco, Mangan 260.  
 Capo Rosso, Mangan 260.  
 Caracoles 3.  
 Carlsruh, Eisen 233.  
 Carolina, Eisen 186.  
 Carratraca, Nickel 62.  
 Carrizal, Mangan 261.  
 Carroll County, Eisen 186.  
 Casa Branco, Eisen 145.  
 Cascade-River, Nickeleisen 65.  
 Castelberg, Kupfer 427, 429.  
 Casteltermini, Schwefel 458, 459.  
 Castrogiovanni, Schwefel 458.  
 Centuripe, Schwefel 458.  
 Cerro, Mangan 252.  
 Cesena, Schwefel 461.  
 Cevia, Nickel 47.  
 Čevljanović, Mangan 252.  
 Chacarilla, Kupfer 418, 421.  
 Chamoson, Eisen 217.  
 Champ de Praz, Kieslager 285.  
 Chanda, Eisen 150.  
 Changes, Eisen 210.  
 Charlotte-Grube, Kieslager 309.  
 Chateaugay, Eisen 153.  
 Cher, Phosphorit 451.  
 Cheshire-Ebene, Kupfer 433.  
 Chessy, Kieslager 292, 322, 325, 437, 438.  
 Chez Large, Eisen 144.  
 Chialamberto, Kieslager 285.  
 Chile, Kupfer 4, 355. Gold 70. Mangan 261. Schwefel 456.  
 Chitry, Blei 437.  
 Chrast, Kupfer 391.  
 Christiania, Nickel 49.  
 Christianiafjord, Gold und Silber im Meerwasser 360.  
 Chrustenitz, Eisen 204.  
 Ciauciana, Schwefel 459.  
 Ciminna, Schwefel 458.  
 Cisco, Gold 70.  
 City and Suburban Mine 379.  
 Ciudad Real, Mangan 260.  
 Clausthal, Deklination 92. Eisen 178. Gangfüllung 325.  
 Cleveland, Eisen 218, 219.  
 Clinton, Eisen 150, 205.  
 Clydebecken, Eisen 231.  
 Col del Beth, Kieslager 284.  
 Coleraine, Chromit 40.  
 Collegii-Grube, Mangan 243.  
 Colorado, Eisen 232.  
 Columbia County, Eisen 186.  
 Comitini, Schwefel 459, 461.  
 Commern, Blei 422, 438.  
 Commerner Bleiberg 422, 424.  
 Como, Eisen 193.  
 Concordiazeche, Eisen 212.  
 Confessionario, Kieslager 351.  
 Conil, Schwefel 466.  
 Connecticut, Eisen 150.  
 Connoree-Grube, Kieslager 291.  
 Constantine, Phosphorit 454, 455.  
 Constanze, Eisen 176.  
 Copper Cliff Mine, Nickel, Kupfer 57, 58, 59.  
 Coquimbo, Mangan 261.  
 Corbigny, Blei 437.  
 Corio Canavese, Mangan 247.  
 Cornwall (Penns.), Eisen 170.  
 Corocoro, Kupfer 418, 420.  
 Côte d'or, Phosphorit 450, 451.  
 Couloir Collaud, Eisen 114.  
 Cranberry, Eisen 152.  
 Creighton Mine, Nickel, Kupfer 59.  
 Creusot, Steinkohle 98. Eisenhütte 210.  
 Creuzburgerhütte, Eisen 233.  
 Cronebane-Grube, Kieslager 291.  
 Croton Mine, Eisen 152.  
 Crown Point, Eisen 153.  
 Crown Reef Mine, Gold 379.  
 Crystal Falls, Eisen 155.  
 Cuba, Mangan 261.  
 Culchote-Grube, Kieslager 314.  
 Cypern, Mangan 260.  
 Cyphergoat, Kohle 371.  
 Czarkow, Schwefel 464.  
 Czenstochau, Eisen 195.  
 Dabensko, Eisen 229.  
 Daggafontein, Kohle 371.  
 Daghardy, Chromit 39.  
 Daghestan, Schwefel 466.  
 Dahlbum, Kieslager 315.  
 Dahle, Phosphorit 454.  
 Dakota, Zinn 23. Gold 387.  
 Dalarne, Seeerz 237.  
 Dalkarlsberg, Eisen 120, 124, 125, 166, 168.  
 Dalry, Eisen 231.  
 Damaraland, Gold 70.  
 Damly, Schwefel 467.  
 Dammsgrufva, Eisenerz 134.  
 Dannemora, Eisen 111, 119, 120, 122, 133, 166, 168.  
 Dartmoor, Eisen 104.  
 Deadwood, Zinn 24.  
 Deadwood Gulch, Gold 387.  
 De Beers Mine, Diamant 76, 80.  
 Debrin, Eisen 192.  
 Delligsen, Eisen 221.  
 Derbyshire, Eisen 231.  
 Deutsch-Oth, Eisen 214.  
 Deutsch-Südwestafrika, Diamant 82.  
 Dienten, Eisen 192.  
 Dillenburg, Eisen 173, 176.  
 Disko, ged. Eisen 67.  
 Djebel Aurès, Phosphorit 454.  
 Djebel Mzeita, Phosph. 455.  
 Dniester, Phosphorit 447.  
 Dörnten, Eisen 208, 220.  
 Dognacska, Eisen 130, 167.  
 San Domingos, Kieslager 347, 349, 352, 353, 355.  
 St. Domokos, Kieslager 288, 289.  
 Donetzbecken, Eisen 232.  
 Donnersalpe, Eisen 192.  
 Donnersberg, Kupfer 391.  
 Donsbach, Eisen 176.  
 Dortmund, Eisen 229.  
 Dowlais, Eisen 230.  
 Doyle's Rush, Diamant 78.  
 Draževic, Mangan 253.  
 Drente, Raseneisenerz 235, 236.  
 Driekop, Diamant 82.  
 Drôme, Phosphorit 453.  
 Droškovac, Eisen 194.  
 Dubostica, Chromit 36, 195.  
 Ducktown, Kieslager 311, 320, 322, 324.  
 Duisburg, Raseneisenerz 236.  
 Duluth, Eisen 155, 158.  
 Dundas, Silber 317.  
 Dunderland, Eisen 119, 141, 165.  
 Dundet, Apatit 141.  
 Durham, Eisen 231.  
 Dutchess County, Eisen 150, 186.  
 Dutoitspan, Diamant 76, 80.  
 Dwina, Eisengehalt 198.  
 Dzwiniacz, Schwefel 464.  
 Eagles Nest, Diabas 375.  
 East Tennessee Mine, Kieslager 314.  
 Echte, Eisen 208.  
 Eckardthütte, Kupfer 397.  
 Eckersund, Titaneisen 29.  
 Eduardschacht, Kupfer-schiefer 398, 399, 400.  
 Eggegebirge, Eisen 207.  
 Eibelkogel, Eisen 192.

- Eickert, Kieslager 340.  
 Eifel, Eisen 206.  
 Eimelrod, Mangan 251.  
 Einbeck, Eisen 208.  
 Einfischtal, Fahlbänder 269.  
 Eisenberg (Fichtelgebirge),  
 Eisen 177.  
 Eisenerz, Eisen 188, 189,  
 192, 198.  
 Eisenzug (Wetzlar), Eisen  
 175.  
 Eisertorpaß, Eisen 184.  
 Eisleben, Kupferschiefer  
 394, 395, 396.  
 Elandsdrift, Diamant 82.  
 Elbingerode, Eisen 173, 178.  
 Mangan 248, 250.  
 Elbogen, Eisen 233.  
 El Cerro, Mangan 252.  
 El Confessionario, Kies-  
 lager 351.  
 El Granado, Mangan 252.  
 Elisabethpol, Mangan 257.  
 Elizabethtown, Titaneis 31.  
 Elligser Brinks, Eisen 221.  
 Elsaß, Raseneisenerz 236.  
 Elsterwerda, Raseneisenerz  
 235.  
 Elyofuß, Nickeleisen 65.  
 Ely, Phosphorit 452.  
 Ely Mine, Kieslager 315.  
 Emilie-Anna-Grube, Eisen-  
 erz 230.  
 Emmer Compascuum, Rasen-  
 eisenerz 235, 236, 238.  
 England, Eisen 200, 218,  
 230. Unterer Zechstein  
 412. Phosphorit 451, 452.  
 Enterprise (Mississ.), Eisen  
 197.  
 Entringen, Blei 431.  
 Eriwan, Mangan 257.  
 Ermecke, Kieslager 339.  
 Ernstschaft, Kupferschiefer  
 396.  
 Erteli, Nickel, 46, 49, 50, 51.  
 Erzberg, Eisen 189, 198.  
 Esch, Eisen 214.  
 Espedalen, Nickel 45, 49.  
 Essex, Phosphorit 452.  
 Eston, Eisen 219.  
 St. Etienne, Steinkohle 98.  
 Etta-Grube, Zinn 23.  
 Euboea, Chromit 37.  
 Evan, Nickel 49.  
 Evans Mine, Nickel, Kupfer  
 58, 59.  
 Evje, Nickel 52.  
 Falk, Blei 427, 429.  
 Falkenau, Eisen 233.  
 Schwefeleisen 356.  
 Falotta, Mangan 253.  
 Falun, Kieslager 296, 320,  
 327, 352, 415.  
 Fauresmith, Diamant 76.  
 Favara, Schwefel, Cölestin  
 459.  
 Feistereck, Eisen 192.  
 Feragen, Chromit 37.  
 Ferdinand, Eisen 175.  
 Fernebo, Eisen 130.  
 Ferreira Mine, Gold 379.  
 Fichtelgebirge, Eisen 177,  
 200, 201, 202, 224.  
 Finkenkule, Eisen 221.  
 Finland, Seerz 237.  
 Fishkill, Eisen 186.  
 Flaad, Nickel 49, 52, 53.  
 Flachau, Eisen 192.  
 Flachenberg, Eisen 193.  
 Flöttum, Kieslager 297.  
 Florida, Phosphorit 445.  
 Försterstollen, Kieslager  
 305.  
 Fohlenweide, Kupfer 391.  
 Foldal, Kieslager 297, 298,  
 307.  
 Forest of Dean, Eisen 152.  
 Forli, Schwefel 461.  
 Franken, Eisen 210.  
 Frankenberg, Kupfer 88,  
 409, 412.  
 Franklin Furnace, Mangan,  
 Zink 244.  
 Frank Smith, Diamant 82.  
 Frederick County, Eisen 186.  
 Frederike, Kupfer 344, 346,  
 411.  
 Fregeneal, Eisen 146.  
 Freiberg (Sachsen), Zink 3.  
 Mineralien 14. Zinn im  
 Gneis 22. Deklination 92.  
 Gangfüllung 325.  
 Freieslebenschacht, Kupfer-  
 schiefer 398.  
 Freihung, Blei 431, 433.  
 Friedenshütte, Eisen 229.  
 Friedland, Eisenhütte 196,  
 197.  
 Friedrichshall, Schwefel 456.  
 Friesdorf, Alaunton 356.  
 Frodingham, Eisen 218.  
 Frontenac County, Eisen 154.  
 Fuglevik, Eisen 142.  
 Fundkofel, Gold 279.  
 Fundul Moldowi, Kieslager  
 288, 289.  
 Furuhaugen, Kieslager 299.  
 Furulund, Kieslager 302.  
 Gafsa, Phosphorit 454, 455.  
 Galizien, Schwefel 462, 464.  
 Gambatesa, Mangan 254.  
 Gamlegrube, Eisen 142.  
 Gap Mine, Nickel 54.  
 Gautzsch, Phosphorit 456.  
 Gayosdia, Eisenhütte 185.  
 Gefleborg, Eisen 118.  
 Gehlberg, Phosphorit 455.  
 Geismar, Kupfer 409.  
 Gellivara, Eisen 120, 135,  
 140. Apatit 135.  
 Geologists Range 317.  
 Georg-Friedrich-Grube,  
 Eisen 221.  
 George-River, Nickeleisen  
 65.  
 Georgia, Eisen 186. Phos-  
 phorit 449.  
 Georgsmarienhütte 208.  
 Gerbstedt, Kupferschiefer  
 395.  
 Germ, Mangan 249.  
 Gerolstein, Eisen 206.  
 Getschenberg, Eisen 193.  
 Gibellina, Schwefel 458.  
 Gibeon, Diamant 82.  
 Gießen, Mangan 250, 263.  
 Giken-Grube, Kieslager 309.  
 Gladbeck, Kupferschiefer  
 407.  
 Gladhammar, Kobalt 272.  
 Glärnisch, Eisen 216.  
 Gläserner Berg, Kupfer-  
 schiefer 402.  
 Glakärnsgrufva, Mangan  
 244.  
 Gleiwitz, Eisen 233.  
 Glückhilfschacht, Kupfer-  
 schiefer 396.  
 Glücksbrunn, Kupferschiefer  
 404.  
 Godegårdsgrube, Zink 363.  
 Godesberg, Alaunton 356.  
 Göllnitz, Eisen 285.  
 Göppingen, Eisen 212.  
 Gogebic, Eisen 155, 157, 163.  
 Goldberg, Kupfer 408.  
 Goldküste, Eisenglimmer-  
 schiefer 110, 111.  
 Gollrad, Eisen 192.  
 Gollyre, Fahlbänder 269.  
 Gonzen, Eisen 181.  
 Goroblagodat, Eisen 32, 141.  
 Goroblagodatskischer Di-  
 strikt, Platin 64.  
 Gory, Mangan 257.  
 Goslar, Kieslager 329.  
 Gottestreue, Schwefeleisen  
 357.  
 Gozzo, Phosphorit 455.  
 Graahö, Nickel 49.  
 Grängesberg, Eisen 112, 119,  
 120, 122, 141, 165, 166,  
 168. Apatit 443.

- Gräsberg, Eisen 119, 122.  
 Granada, Mangan 252.  
 Grand Praz, Fahlbänder 269.  
 Grandpré, Phosphorit 453.  
 Great Valley, Eisen 187.  
 Griesberg, Blei, Kupfer 423, 424.  
 Grimeli-Grube, Kieslager 297.  
 Griqualand, Diamant 74, 82.  
 Grk-Berg, Mangan 253.  
 Grochau, Chromit 35.  
 Gröbzig 394.  
 Gröditzberg, Kupfer 408.  
 Grönland, ged. Eisen 67.  
 Kryolith 71.  
 Grönskargrube, Kieslager 298.  
 Groß-Almerode, Alaunton 356.  
 Großbottwar, Blei 431.  
 Großenhausen, Kupferschiefer 406.  
 Großgrube (Långban), Mangan 243.  
 Großkahl, Kupferschiefer 406, 407.  
 Grotte, Schwefel 458, 460.  
 Grünten, Eisen 222.  
 Grythytt, Eisen 122.  
 Guldal, Kieslager 298.  
 Guldgrube, Kieslager 298.  
 Gustav-Adolf-Grube, Eisen 129.  
 Gustavgrube, Eisen 230.  
 Gyalár, Eisen 184.  
 Gyalu Negru, Kieslager 289.
- Hadamar, Mangan 250.  
 Hahausen, Kupferschiefer 393, 402.  
 Haiger, Eisen 176.  
 Haingründau, Kupferschiefer 406.  
 Halberbracht, Kieslager 339.  
 Hallein, Schwefel 456.  
 Hanau, Raseneisenerz 236.  
 Hanging-Rock-Distrikt, Eisen 232.  
 Hankabakken, Kieslager 309.  
 Harlech, Mangan 256.  
 Harney Range, Zinn 24.  
 Harteberg, Chromit 34.  
 Hartenberg, Eisen 179.  
 Hartley, Gold 70.  
 Harz, Ruscheln 97. Mangan 240, 250. Kupferschiefer 391, 393.  
 Harzburg, Nickel 42. Eisen 87, 207, 208, 220, 224.
- Hasel, Kupfer 408, 412.  
 Hasselbomschurf, Eisen 142.  
 Hastings County, Eisen 154.  
 Hattingen, Eisen 228.  
 Haunsberg, Eisen 221.  
 Haut-de-Cry, Eisen 217.  
 Haute-Garonne, Phosphorit 448.  
 Haute-Marne, Eisen 221.  
 Haute-Saône, Phosphorit 451.  
 Hautes-Pyrénées, Mangan 249.  
 Havanna, Gold 70.  
 Haverlah, Eisen 221.  
 Hayingen, Eisenerz 214.  
 Haytor Mine, Eisen 104.  
 Heidelberg (Transvaal), Gold 374.  
 Heilbronn, Blei 431.  
 Helgoland, Kupfer 411.  
 Helling, Kupfer 427.  
 Hellin, Schwefel 465.  
 Helmstedt, Phosphorit 455.  
 Henry Nourse Mine, Gold 378.  
 Herjádalen, Seeerz 237.  
 Herrenberg, Blei 431.  
 Hessen, Kupfer 393, 404, 406, 409, 410.  
 Hestmandö, Chromit 37.  
 Hettstedt, Kupferschiefer 394, 395, 398.  
 Heverstedt, Eisenerz 217.  
 Hickman County, Phosphorit 450.  
 Hillesheim, Eisen 206.  
 Hilsmulde, Eisen 221.  
 Hiraklia, Smirgel 169.  
 Hirschau, Blei 432.  
 Hirschberg, Eisen 202.  
 Hjulsjö, Eisen 122.  
 Hjulvindsgrufva, Eisen 134.  
 Hochfilzen, Eisen 193.  
 Hochwald, Kupfer 427, 429.  
 Hof, Eisen 202.  
 Hoffnungsschacht, Kupferschiefer 396.  
 Hoheneibe, Kupfer 389.  
 Hohenstüßer Revier, Kupferschiefer 404, 405, 406.  
 Holland, Raseneisenerz 235, 236.  
 Homstake, Gold 387.  
 Hoppeketal, Eisen 174.  
 Horbach, Nickel 46.  
 Hornburg 394.  
 Horodizce, Mangan 259.  
 Horton, Titaneisenerz 31.  
 Howland Mine, Eisen 154.  
 Hoyerswerda, Raseneisenerz 236.  
 Huckelheim, Kupferschiefer 406, 407.
- Hudson-Hochland, Eisen 150, 152, 186.  
 Huelva, Mangan 251. Kieslager 301, 347, 354.  
 Hüttau, Eisen 192.  
 Hüttenberg, Eisen 183.  
 Hüttenrode, Eisen 180.  
 Hunyad, Eisen 184.  
 Hussigny, Eisen 214.  
 Husum, Kupfer 411.
- Ibbestad, Eisen 142.  
 Iberg (Harz), Tektonik 98.  
 Iglo, Eisen 285.  
 Ilfeld, Kupferschiefer 402.  
 Ilseder Hütte 221.  
 Imperinatal, Kieslager 282.  
 Indien, Diamant 82, 83. Eisen 150, 232. Mangan 261.  
 Indischer Ozean 198.  
 Indre, Phosphorit 451.  
 Ingelschytte, Eisen 124.  
 Ingersoll, Zinn 24.  
 Innerberger Erzberg, Eisen 189, 191.  
 Ios, Smirgel 169.  
 Irkuskan, Eisen 187.  
 Irland, Kieslager 290.  
 Iron Mine Hill, Eisen 26.  
 Iron Mountain, Eisen 141.  
 Isabella-Grube, Kieslager 314.  
 Ischl, Schwefel 456.  
 Ishpeming, Eisen 155.  
 Island, Schwefel 456.  
 Itabira, Itabirit 110.  
 Italien, Nickel 47.  
 Ivanjiska, Mangan 253.  
 Ivigtok, Kryolith 71.  
 Ivigtut, Kryolith 71.
- Jackson County, Nickel-eisen 65.  
 Jackson Mine, Eisen 162.  
 Jacobsberg, Mangan 241, 244.  
 Jacupiranga, Titaneisen 32.  
 Jagersfontein, Diamant 76, 80.  
 Jakobeni, Mangan 111, 248.  
 Jakobstollen, Kieslager 305.  
 Jamjura, Kieslager 315.  
 Janow, Eisen 229.  
 Japan, Kupfer 355. Schwefel 456.  
 Jarales, Nickel 62.  
 Jauer, Eisenhütte 252.  
 Jefferson County, Eisen 150.  
 Jekaterinburg, Chromit 38. Gold 69.  
 Jekaterinoslaw, Kupfer 389.

- Jemtland, Seeerz 237.  
 Jenbach, Eisen 193.  
 Jeres de los Caballeros,  
 Eisen 146.  
 Jernboås, Eisen 122.  
 Jernsmaugot, Kieslager 298.  
 Jerusalem, Phosphorit 454.  
 Jipka, Kupfer 390.  
 Johannesburg, Gold 369, 371.  
 Johnsbach, Eisen 192.  
 Jokeskeyfuß, Gold 385.  
 Jordansee, Schwefelkies 356.  
 Jordgrube, Eisen 134.  
 Josephine County, Nickel-  
 eisen 65.  
 Juanteniente, Eisen 145.  
 Juda, Phosphorit, Asphalt  
 453.  
 Juliushütte 339.  
 Julius Philipp, Steinkohle  
 99.  
 Jungfrugrufva, Eisen 134.  
 Juno, Eisen 175.  
 Jurjusan, Eisenhütte 187.  
 Sta. Justa, Eisen 146.  
  
**Kärnten, Kieslager 275, 324.**  
 Kahleberg, Eisen 208.  
 Kaiser Heinrich, Eisen 212.  
 Kalenberg, Blei 424.  
 Kalifornien, Chromit 40.  
 Gold 70.  
 Kallmora, Erdpech 122.  
 Eisen, Blei 128.  
 Kallwang, Kieslager 277,  
 322.  
 Kamerun, Schwefel 456.  
 Kamfersdam, Diamant 82.  
 Kamsdorf, Kupferschiefer  
 403, 415, 416.  
 Kamyschak, Gold 70.  
 Kanada, Chromit 40. Nickel  
 55. Eisen 154, 166, 235,  
 236. Smirgel 169. Apatit  
 443.  
 Kapland, Kupfer 63. Diamant  
 74. Geologie 371, 372.  
 Karabugas, Schwefel 467.  
 Karakum, Schwefel 467.  
 Karkalinsk, Kupferhütte  
 389.  
 Karlsbad, Eisen 233. Schwe-  
 feleisen 356.  
 Karmö, Kieslager 297, 307.  
 Karpathen, Eisen 196. Man-  
 gan 248, 256. Kieslager  
 285, 288.  
 Kaspische Niederung, Schwe-  
 feleisen 359.  
 Kastamuni, Chromit 39.  
 Kataw, Eisenhütte 187.  
 Katerfi, Schwefel 467.  
  
 Katschkanar, Chromit 38.  
 Kaukasus, Mangan 257.  
 Kupfer 441. Schwefel 456,  
 466.  
 Kchiuta, Schwefel 466.  
 Kedabeg, Kupfer 441.  
 Kehrzug, Eisen 178.  
 Kellerjoch, Eisen 193.  
 Kent, Eisen 232, 236. Phos-  
 phorit 451, 452.  
 Kentucky, Eisen 205, 232.  
 Phosphorit 447.  
 Keropotamo, Chromit 37.  
 Kertsch, Eisen 223.  
 Kieferstädtel, Eisen 233.  
 Killingdal, Kieslager 297.  
 Kimberley, Diamant 74, 79,  
 80.  
 Kimpolung, Eisen 196.  
 Kirlibaba, Eisen 113.  
 Kirunnavara, Eisen 120, 137,  
 140.  
 Kjöli, Kieslager 297, 298.  
 Klacka, Eisen 125.  
 Klacksberg, Eisen 120, 122,  
 126, 166.  
 Klefva, Nickel 46, 49.  
 Kleinasien, Chromit 38.  
 Smirgel 169.  
 Kleinen-Bremen, Eisen 217.  
 Klein-Mohrau, Eisen 180.  
 Klein-Namaland, Kupfer 63.  
 Klein-Pföle, Eisen 231.  
 Klerksdorf, Gold 374.  
 Kley, Eisen 208.  
 Klodeberg, Eisen 144.  
 Klondike, Gold 3.  
 Knallgrube, Zink 364.  
 Knappenstube, Kieslager  
 278, 322.  
 Kochhütte, Kupfer 397.  
 Kölner Bucht, Eisen 233.  
 König Oskar-Grube, Kies-  
 lager 308.  
 Königsbronn, Eisenhütte  
 211.  
 Königszug, Eisen 176.  
 Koffyfontein, Diamant 76.  
 Kohlberg, Eisen 212.  
 Kokoschütz, Schwefel 457,  
 463.  
 Kollmannsegg, Eisen 193.  
 Kolningsberg, Eisen 120,  
 122, 126.  
 Kolsnareensee, Raseneisenerz  
 235, 237.  
 Kongensgrube, Kieslager  
 298, 306.  
 Kongsberg, Erdpech 122.  
 Fahlbänder 267.  
 Konradswaldau, Kupfer 408,  
 412.  
  
 Kopenhagen, Schwefel-  
 wasserstoffbildung im  
 Meer 358.  
 Koppberg, Eisen 118.  
 Kordigast, Eisen 212.  
 Kořalov, Kupfer 390.  
 Kossowo, Chromit 37.  
 Kragerö, Apatit 143.  
 Krangrufva, Eisen 130.  
 Kraubat, Chromit 35.  
 Kreith, Eisen 192.  
 Krepitz, Mangan 256.  
 Kressenberg, Eisen 88, 221,  
 224, 225.  
 Kreutzburg, Eisen 195.  
 Kreuzeck, Kieslager 278.  
 Krim, Eisen 223.  
 Kristiania, Nickel 49.  
 Kristianiafjord, Gold und  
 Silber im Meerwasser 360.  
 Kriwoi-Rog, Eisen 148, 165.  
 Kronburg, Bildung von  
 Schwefeleisen im Meer  
 358.  
 Krügersdorf, Gold 375.  
 Krughütte, Kupfer 397.  
 Krumirien, Phosphorit 454.  
 Krzizanowitz, Mangan 256.  
 Kuchen, Eisen 212.  
 Kulmburg, Kieslager 275.  
 Kupferacker, Kupfer 391.  
 Kupferkammerhütte, Kupfer  
 397.  
 Kupferlöcher, Kupfer 391.  
 Kupfersuhl, Kupferschiefer  
 404.  
 Kursk, Eisen 197. Phos-  
 phorit 453.  
 Kutaïs, Mangan 257, 261.  
 Kuznicka, Eisenhütte 233.  
 Kyffhäuser, Kupferschiefer  
 402.  
 Kylsbogrupe, Eisen 126.  
 Kyschtymysk, Chromit 38.  
  
 Lac à la Tortue, Seeerz 237.  
 Lace, Diamant 82.  
 Lading, Kieslager 279.  
 Ladysmith, Kohle 371.  
 Laeverestvedt, Eisen 144.  
 Lafayette, Mangan 256.  
 Phosphorit 447.  
 Laghetto, Nickel 47.  
 Lagunazo, Kieslager 347.  
 Laisa, Mangan 250.  
 Lake Champlain, Eisen 26,  
 150, 152. Titaneisensand  
 32.  
 Lake Superior, Kupfer 4.  
 Eisen 89, 154, 160, 163.  
 La Laja, Kieslager 350.  
 Lamadeleine, Eisen 214.

- Lamitzmühle, Eisen 202.  
 Lamnitztal, Kieslager 278, 322.  
 Lanark County, Eisen 154.  
 Lancaster County, Nickel 54.  
 Landsberg, Eisen 195.  
 Landu, Kieslager 315.  
 Långban, Eisen 124, 145, 166, 242. Mangan 241, 242.  
 Langdal, Nickel 49.  
 Langeland, Eisen 207.  
 Langenaubach, Eisen 176.  
 Langerbühl, Eisen 177.  
 Långfalls, Blendelager 296, 320.  
 Långhult, Magneteisen 26.  
 Langlaagte-Farm, Gold 385.  
 Langsev, Eisenerz 144.  
 Langvand, Kieslager 303, 307.  
 Lappland, Eisen 118, 135, 137, 138, 168. Kieslager 310. Apatit 443.  
 Larnaca, Mangan 260.  
 Las Cabessas, Phosphorit 448. Mangan 448.  
 Las Tres Virgines 440.  
 Lausitz, Nickel 42.  
 Lautenthal, Mangan 250.  
 Soolquelle 343.  
 Lauterberg, Kupferschiefer 402.  
 La Voulte, Eisen 217.  
 St. Lawrence, Eisen 150.  
 La Zarza, Kieslager 347, 353.  
 Lead City, Gold 387.  
 Le Breton-Grube, Kieslager 307.  
 Leeds County, Eisen 154.  
 Leicestershire, Eisen 219.  
 Leipzig, Phosphorit 456.  
 Leitmar, Kupfer 411.  
 Lengsdorf, Alaunton 356.  
 Leogang, Eisen 193.  
 Lerbach, Eisen 178.  
 Lerberg, Eisen 125.  
 Lercara, Schwefel 458.  
 Les Chalanches, Fahlbänder 269.  
 Leuchtholz, Eisen 202.  
 Leun, Eisen 175.  
 Leveäniemi, Eisen 139.  
 Lewis County, Phosphorit 450.  
 Licata, Schwefel, Cölestin 459.  
 Lichtenbach, Eisen 192.  
 Liebenburg, Eisen 208.  
 Lieth, Kupfer 411.  
 Lietzen, Eisen 188.  
 Lieversbach, Kupfer, Blei 423, 425.  
 Lillefjeld, Kieslager 297.  
 Limberg, Kupfer 427, 429.  
 Lincoln, Eisen 218.  
 Lindenstieg sieh dich um, Eisen 179.  
 Lindesberg, Eisen 122.  
 Lipari, Kupfer 439.  
 Ljusnarsberg, Eisen 122, 124, 125.  
 Ljusnedal, Kieslager 298.  
 Locarno, Nickel 48.  
 Lohara, Eisen 150.  
 Lombardei, Eisen 193.  
 Lomberg, Eisen 119, 124.  
 London Mine, Kieslager 314.  
 Longwy, Eisen 214.  
 Lorca, Schwefel 465.  
 Lorqui y Fortuna, Schwefel 465.  
 Los Jarales, Nickel 62.  
 Lothringen, Eisen 87, 88, 110, 200, 206, 212, 216, 223, 226, 443. Phosphorit 450.  
 Loudrevielle, Mangan 249.  
 Louisa County, Kieslager 315.  
 Louisiana, Schwefel 467.  
 Lowerz, Eisen 223.  
 Luchsinger Schwefelquelle 98.  
 Lüneburg, Raseneisenerz 236.  
 Lugnaquillaberg, Kieslager 290.  
 Luleå 135.  
 Lundörren, Nickel 50.  
 Luossavara, Eisen 111, 120, 137, 140.  
 Lutter a. B., Eisen 208.  
 Luxemburg, Eisen 212, 216.  
 Luzzogno, Nickel 47.  
 Lydenburg, Gold 383.  
 Lyngrot, Eisen 141.  
 Madeni-sseri, Mangan 257.  
 Madras, Diamant 83.  
 Mähren, Eisen 180. Mangan 256.  
 Mährisches Gesenke, Eisen 180.  
 Mährisch Neustadt, Eisen 180.  
 Magdeburg, Phosphorit 455.  
 Magdeburger Uferrand, Kupferschiefer 403.  
 Magnet Cove, Titaneisen 27.  
 Mahopac Mine, Eisen 152.  
 Maine, Kieslager 311.  
 Majdan, Eisen, Kupfer 185.  
 Makri, Chromit 39.  
 Malaga, Nickel 62. Eisen 146, 166.  
 Malö, Nickel 49.  
 Malta, Phosphorit 455.  
 Mangold, Eisen 175.  
 Manosque, Schwefel 465.  
 Mansfeld, Kupferschiefer 95, 105, 106, 385, 391, 393, 394, 401, 412, 416. Produktion 355, 401.  
 Marburg, Kupferletten 411.  
 St. Marcel, Mangan 247. Kieslager 285.  
 Maria (Wetzlar), Eisen 175.  
 Ste. Marie-aux-Chênes, Eisen 214.  
 Marken, Schwefel 461.  
 Markoldendorf, Eisen 208.  
 Marmaros, Eisen 111, 113.  
 Marquette, Eisen 155, 156, 159, 163, 166.  
 Marseille, Schwefel 465.  
 Martenberg, Eisen 174.  
 Martha (Wetzlar), Eisen 175.  
 Martigny, Eisen 114.  
 Maryland, Chromit 39. Eisen 186. Kieslager 311.  
 Mary-Mine, Kieslager 314.  
 Maschonaland 371.  
 Matabeleland 371.  
 Mattsee, Eisen 221.  
 Maubach, Blei 426.  
 Maury County, Phosphorit 450.  
 Mazenay, Eisen 210.  
 Mechernich, Blei 106, 385, 422, 425, 433, 438.  
 Mecklenburg, Raseneisenerz 235, 236, 238.  
 Medja Rassul, Eisen 148.  
 Meggen, Kieslager 273, 325, 339, 342, 343, 358, 361.  
 Meinerzhagener Bleiberg 422, 425.  
 Meinkjär, Nickel 49, 51.  
 Mekidol, Chromit 36.  
 Mellemgrube, Nickel 51.  
 Mellrichstadt, Kupferschiefer 407.  
 Menominee, Eisen 155, 157, 163, 166.  
 Meraker, Kieslager 297.  
 Merionetshire, Mangan 256. Phosphorit 447.  
 Merseburg, Raseneisenerz 236.  
 Mersina, Chromit 39.  
 Mertainen-Gebirge, Eisen 139.  
 Mesabi Range, Eisen 155, 158, 160, 163.

- Metzingen, Eisen 212.  
 Meurthe-et-Moselle, Eisen 214.  
 Mexiko, Kupferproduktion 355, Schwefel 456.  
 Meyer and Charlton Mine, Gold 378.  
 Mgwimewi, Mangan 258.  
 Miask, Titaneisen 27, 32, Gold 69.  
 Michigamme, Eisen 155.  
 Michigan, Eisen 111, 154, 162.  
 Miggiandone, Nickel 47, 48.  
 Miguel Burnier, Mangan 255.  
 Milos, Mangan 260.  
 Mina (Stadtberge), Kupfer 344, 345.  
 Minas Geraes, Eisen 111, 165, Mangan 254.  
 Mineville, Eisen 26, 152.  
 Minnesota, Eisen 154.  
 Miala, Phosphorit 455.  
 Mittelburg, Kohle 371.  
 Mittel-Sohland, Nickel 42.  
 Modum, Kobalt 269.  
 Mohilew, Phosphorit 447.  
 Mokta-el-Hadid, Eisen 147, 166.  
 Mokurop, Diamant 82.  
 Molina, Schwefel 465.  
 Molteno, Kohle 371.  
 Mons Peter, Kieslager 298, 299, 303, 304, 309.  
 Montana, Smirgel 169, Eisen 232.  
 Montchanin, Steinkohlenflöz 98.  
 Montchemin, Eisen 114, 166.  
 Monte Acuto, Kupfer 69.  
 Monte Agudo, Eisen 145.  
 Monte Argentario, Mangan 254.  
 Monte Beth, Kieslager 284.  
 Monte Ghinivert, Kieslager 284.  
 Moosberg, Eisen 193.  
 Moravica, Eisen 130, 167.  
 Morbergfeld, Eisen 126.  
 Morvan, Blei 436, 437, Phosphorit 450.  
 Moßgrube, Mangan 244.  
 Motowilicha, Kupferhütte 389.  
 Mottram St. Andrews, Kupfer 433.  
 Mount Bischoff, Zinn 317.  
 Mount Lyell, Kieslager 273, 316, 322, 325, 415.  
 Mount Reid, Kieslager 320.  
 Mount Washington, ged. Eisen 67.  
 Münster, Raseneisenerz 236.  
 Müsen (Kohlen-Zeche), Eisen 228.  
 Muggrube, Kieslager 298, 306.  
 Murchison Range 371.  
 Murcia, Schwefel 465, 466.  
 Murray Mine, Nickel, Kupfer 56, 58, 59.  
 Myslowitz, Eisen 229.  
 Mytilene, Chromit 37.  
 Nacimiento-Gebirge, Kupfer 436.  
 Nadworna, Eisen 196.  
 Näskils, Eisen 144.  
 Näverhaugen, Eisen 119, 141, 165, 307.  
 Nakerivara, Eisen 140.  
 Namaland, Kupfer 63.  
 Nancy, Eisen 214.  
 Nassau, Eisen 176, Mangan 250, Phosphorit 445.  
 Nauborn, Eisen 175.  
 Nautanen, Kupfer 140.  
 Navalazaro, Eisen 145, 166.  
 Navalostrillos, Eisen 146.  
 Naxos, Smirgel 168.  
 Negaunee, Eisen 155.  
 Nelson, Chromit 39.  
 Neuberg, Eisen 188, 192.  
 Neubraunschweig, Kieslager 311, Phosphorit 447.  
 Neufundland, Chromit 40, Kieslager 311.  
 Neuhaldensleben, Kupferschiefer 403.  
 Neukaledonien, Chromit 39.  
 Neukirch, Kupfer 408.  
 Neumexiko, Kupfer 436.  
 Neuschottland, Kupfer 417.  
 Neuseeland, Chromit 39.  
 Nickeleisen 65, Gold 382, Schwefel 456.  
 Neustadt, Kupferschiefer 402.  
 Neusüdwaes, Gold 70, Zink, Blei, Silber 364.  
 Neuwied, Alaunton 356.  
 New Annan, Kupfer 417.  
 Newcastle (Natal), Kohle 371.  
 Newcomb, Titaneisen 31.  
 Newhampshire, Kieslager 311.  
 New Jersey, Eisen 150, 152, 153, Mangan, Zink 244, 247.  
 Newlands Mine, Diamant 77, 78, 79.  
 New York, Nickel 55, Eisen 150, 153, 205, 206.  
 Nicopol, Mangan 259, 260, 261.  
 Niederalpel, Eisen 192.  
 Niederelnbach, Kupferschiefer 406.  
 Niederkalifornien, Kupfer 361, 385, 439.  
 Niedermarsberg, Kupfer 344, 346, 411.  
 Niederschlesien, Kupfer 391, 408.  
 Niederschmottseifen, Kupfer 408.  
 Nièvre, Eisen 216, Phosphorit 451.  
 Niewandtschacht, Kupferschiefer 398.  
 Nigel Mine, Gold 374.  
 Nikoltschitz, Mangan 256.  
 Nischne-Nowgorod, Eisen 197, Phosphorit 453.  
 Nischne-Tagilsk, Platin 64, Eisen, Kupfer 362.  
 Nokutusvara, Eisen 140.  
 Nonaas, Nickel 49.  
 Nora, Eisen 122, 123.  
 Norberg, Eisen 119, 120, 122, 126, 166.  
 Nordafrika, Eisen 147.  
 Nordcarolina, Smirgel 32, 169, Chromit 40, Eisen 152, 232, Kieslager 311, Phosphorit 445.  
 Nordeck, Eisen 177.  
 Nordlandsamt, Eisen 120, 141, Kieslager 307.  
 Nordmark, Eisen 120, 130, 166, Mangan 241, 244.  
 Nordstaffordshire, Eisen 230, 231.  
 Norfolk, Phosphorit 452.  
 Normandie, Eisen 185.  
 Norra Ställberg, Eisen 125.  
 Norrbotten, Eisenerz 118, 135, 137, 138, 168.  
 Norrbotten-Grube (Långban), Mangan 243.  
 Norrland, Seerz 237.  
 Northampton, Eisen 219.  
 Northumberland, Eisen 231.  
 Norwegen, Chromit 37.  
 Nickel 48, Kieslager 107, 273, 296, 300, 301, 304, 313, 320, 324, 326, Eisen 115, Apatit 443, 445.  
 Novara, Nickel 48.  
 Nučić, Eisen 204, 444.  
 Nutschitz, Eisen 204, 444.  
 Nya Sulitelma, Kieslager 309.  
 Nygrufva (Ammeberg), Zink 364.

- Oberarschitz, Mangan 249.  
 Oberallnbach, Kupferschiefer 406.  
 Oberer See, Kupfer 4. Eisen 89, 154, 160, 163.  
 Oberhalbstein, Mangan 253.  
 Oberkalna, Kupfer 390.  
 Oberkassel, Alaunton 356.  
 Oberkaufungen, Alaunton 356.  
 Oberpfalz, Blei 431.  
 Oberrosbach, Mangan 263.  
 Oberscheld, Eisen 176.  
 Oberschlesien, Zink, Blei 89. Eisen 195, 229, 233. Vitriol-  
 torf 356. Schwefel 463.  
 Ochsenkopf (Sachs.), Smirgel 170.  
 Öblarn, Kieslager 276.  
 Ödegarden, Apatit 143.  
 Ödesgrufva, Eisen 134.  
 Örebro, Eisen 118, 120, 122. Mangan 241.  
 Österby, Eisenhütte 134.  
 Östergötland, Eisen 118, 237.  
 Öttingen, Eisen 214.  
 Ofleiden, ged. Eisen 67.  
 Ofoten, Eisen 142.  
 Ofotenbahn 135, 138, 310.  
 Ogdensburg, Mangan, Zink 246.  
 Ohio, Eisen 205, 232.  
 Ohlápian, ged. Eisen 67.  
 Ojen, Nickel 62.  
 Okandeland, Eisenglimmer-  
 schiefer 110, 111, 165.  
 Okerhütte 339.  
 Okertal, Eisen 178.  
 Old de Beers, Diamant 76.  
 Old Tennessee Mine, Kies-  
 lager 314.  
 Olomont, Kieslager 285.  
 Ontario, Titaneisen 31. Nickel 55. Eisen 154, 205. Smirgel 169.  
 Ookiep, Kupfer 63.  
 Oppeln, Eisen 233.  
 Oranje-Fluß, Diamant 74.  
 Oranje-Staat, Diamant 76. Gold 374.  
 Oregon, Nickeleisen 65.  
 Orel, Eisenerz 197. Phos-  
 phorit 453.  
 Orenburg, Kupfer 389.  
 Ornontowitz, Eisen 229.  
 Orsowa, Chromit 36.  
 Orzesze, Eisen 229.  
 Os, Kieslager 297.  
 Oskar Grube (Stadtberge), Kupfer 344, 346.  
 Osabrück, Kupferschiefer 407.  
 Ostalpen, Eisen 188.  
 Osterburg, Raseneisenerz 236.  
 Osterode, Kupferschiefer 402.  
 Osterweddingen, Phosphorit 455.  
 Ostjordanland, Phosphorit 453.  
 Otago, Nickeleisen 65.  
 Otjimbingue, Gold 70.  
 Ottawa, Raseneisenerz 236.  
 Ottoschacht, Kupferschiefer 396.  
 Ougney, Eisen 216.  
 Ouro Preto, Mangan 254.  
 Ovivak, ged. Eisen 67, 85. Diamant 83.  
 Ovoca-Distrikt, Kieslager 290.  
 Oxfordshire, Eisen 219.  
 Painirova, Eisen 140.  
 Pajsberg, Erdpech 122. Mangan 241, 242. Eisen 242.  
 Palästina, Phosphorit 453.  
 Palamow, Eisen 232.  
 Panzendorf, Kieslager 279, 322.  
 Pari, Kupfer 69.  
 Paris, Bildung von Schwefel 469.  
 Paros, Smirgel 169.  
 Parys-Berg, Kieslager 316.  
 São Paulo, Titaneisen 27.  
 Pedroso, Eisen 145, 165.  
 Peekskill, Titaneisen 32.  
 Pennina Grande, Nickel 47.  
 Pennsylvanien, Chromit 39. Eisen 152, 170, 186, 232. Kieslager 311.  
 Penokee, Eisen 155, 157.  
 Perekeschkül, Mangan 257.  
 Perm, Kupfer 88, 388. Eisen 197.  
 Pernice, Schwefel 460, 461.  
 Perry County, Phosphorit 450.  
 Persberg, Eisen 112, 120, 128, 166, 168, 362.  
 Pershytte, Eisen 124, 166.  
 Persien, Schwefel 456.  
 Peticara, Schwefel 461.  
 Pesaro, Schwefel 461.  
 Peterboro County, Eisen 154.  
 Pfalz, Raseneisenerz 236. Kupfer 391.  
 Philippstein, Eisen 175.  
 Philippawonne, Eisen 175.  
 Piemont, Mangan 247.  
 San Pietro, Mangan 260.  
 Pillesee, Eisen 188, 192.  
 Pilotknob, Eisen 141.  
 Pinczye, Eisen 195.  
 Pinerolo, Kieslager 284, 322.  
 Piotrkowice, Schwefel 464.  
 Pipulgaon, Eisen 150.  
 Pitkäranta, Kieslager 362.  
 Pitschen, Eisen 195.  
 Pittsburg, Eisen 232.  
 Planches, Eisen 114.  
 Plauenscher Grund, Syenit 20. Kupfer 41.  
 Plavischewitz, Chromit 36.  
 Plazalpe, Mangan 253.  
 Pleß, Schwefel 463.  
 Ploszka, Eisen 185.  
 Podolien, Phosphorit 444, 447.  
 Poggio Orlando, Schwefel 462.  
 Pojana ruaka, Eisen 184.  
 Polen, Eisen 195, 197. Schwefel 464.  
 Poliakowskische Berge, Gold 69.  
 Polk County, Kieslager 311.  
 Polk-Grube, Kieslager 313, 314.  
 Polnisch Hundorf, Kupfer 408.  
 Pomoy, Phosphorit 451.  
 Popocatepetl, Schwefel 456.  
 Poremba, Eisen 195.  
 Porta Westphalica, Eisen 217.  
 Port Henry, Eisen 152.  
 Portugal, Eisen 145. Kies-  
 lager 347.  
 Pożoritta, Kieslager 288, 289, 322.  
 Prabornaz, Mangan 247.  
 Praetoria, Diamant 82. Gold 385.  
 Prager Silurmulde, Eisen 200, 201, 202.  
 Pragtunnel, Blei 431.  
 Pralorgnan, Mangan 247.  
 Prausnitz, Kupfer 408.  
 Predazzo, Kupfer 41.  
 Premier Mine, Diamant 76, 80.  
 Pressath, Blei 431, 432.  
 Prettau, Kieslager 280.  
 Privas, Eisen 217.  
 St. Privat, Eisen 214.  
 Proszowice, Schwefel 464.  
 Pržici, Eisen 194.  
 Pschow, Schwefel 464.  
 Pucara-Grube, Kupfer 421.  
 Puebla de Guzman, Mangan 252.  
 Püttchen, Alaunton 356.  
 Puschkariha, Rhodnit 248.

- Putnam County, Eisen 150.  
 Pyrenäen, Mangan 256, 448.  
 Phosphorit 444, 447, 448.
- Quebec, Raseneisenerz 236.  
 Kieslager 311.
- Queensland, Gold 70.
- Questenberg, Kupferschiefer 402.
- Quisacollo, Kupfer 421.
- Raab-Grube, Eisen 175, 176.  
 Raase, Eisen 180.
- Racalmuto, Schwefel 458, 459, 460, 461.
- Radautal, Nickel 42.
- Raddusa, Schwefel 458.
- Radmer, Eisen 192.
- Radoboj, Schwefel 457, 464.
- Radowenz, Kupfer 390.
- Rajatz, Chromit 37.
- Rakka, Kieslager 315.
- Rakkurijoki, Eisen 140.
- Rammaca, Schwefel 458.
- Rammelsberg, Kieslager 88, 96, 97, 99, 100, 105, 107, 265, 273, 296, 301, 304, 313, 325, 326, 329, 343, 350, 358.
- Ramsberg, Eisen 122.
- Ramstad, Nickel 49.
- Rancié, Eisen 183.
- Randjeslaagte-Farm, Gold 386.
- Ranen, Eisen 143. Kieslager 309.
- Ransberg, Eisen 26.
- Rapolano, Mangan 253.
- Raudenberg, Eisen 180.
- Redingen, Eisen 214.
- Red Mountain, Eisen 205, 206.
- Reichenau, Eisen 188.
- Reichmannsdorf, Eisen 201, 202.
- Reinbachgraben, Eisen 193.
- Saint-Rémy, Eisen 185.
- Renfrew County, Eisen 154.
- Rettenbach, Eisen 192.
- Rhein, Eisengehalt 198.
- Rheinpfalz, Kupfer 391.
- Rhenosterspruit, Diamant 82.
- Rhode Island, Eisen 26.
- Rhonau, Kieslager 290.
- Ricamarie, Steinkohle 98.
- Riechelsdorf, Kupferschiefer 105, 404, 415.
- Riesi, Schwefel 458.
- Rietfontein, Diamant 82.
- Riffelhorn, Nickeleisen 66.
- Rimont, Mangan 256.
- Ringerike, Nickel 49, 51.
- Rio-Tinto, Kieslager 265, 292, 304, 347, 349, 351, 352, 353, 361, 415.
- Robertville Mine, Eisen 154.
- Robinson Mine, Gold 379.
- Rödhammer, Chromit 37.
- Römerstadt, Eisen 180.
- Röros, Chromit 37. Kieslager 92, 288, 297, 298, 300, 306, 322, 323, 324.
- Rösenbeck, Eisen 174.
- Roffna, Mangan 253.
- Romagna, Schwefel 461.
- Romsaa, Nickel 49, 50, 51.
- Roodeport, Gold 374.
- Sta Rosalia, Kupfer 439, 441.
- Rosalina, Eisen 145.
- Roslawl, Phosphorit 453.
- Rothsohl, Eisen 192.
- Rottleberode, Kupferschiefer 402.
- Rottorf, Eisen 208.
- Routivare, Eisen 30.
- Rowno, ged. Eisen 67.
- Ruda, Eisen 229.
- Rudolfsgrube, Eisen 230.
- Rümelingen, Eisen 214.
- Ruhleben, Alaunton 356.
- Ruhrkohlenbecken, Eisen 227.
- Russaja, Eisen 113.
- Rußland, Kupfer 388. Phosphorit 453.
- Ruszkitsa, Eisen 185.
- Rybnik, Schwefel 463.
- Saalfeld, Kupferschiefer 403.
- Saarbrücken, Eisen 227.
- Saarlouis, Kupfer 427.
- Sabanke, Mangan 253.
- Sättersdalen, Nickel 49, 52.
- Sain-Bel, Kieslager 294, 322, 325.
- Salangen, Eisen 142.
- Salem, Eisen 150.
- Salisbury Mine, Gold 378.
- Saloniki, Chromit 37.
- Salten, Eisen 143.
- Salzburg, Eisen 192.
- Salzgitter, Eisen 220, 224.
- Sandy, Phosphorit 452.
- Sangerhausen, Kupferschiefer 105, 394, 395, 402.
- Sarakaja, Schwefeleisen 357.
- Saratow, Phosphorit 453.
- Sardinien, Mangan 260.
- Sargans, Eisen 181.
- Saskipotok, Eisen 194.
- Sasurskische Wälder, Eisenerz 197.
- Sava, Eisenhütte 253.
- Schäbenholz, Mangan 250.
- Schäfferötzt, Eisen 193.
- Schaumburg-Lippe, Eisen 207.
- Schellerhau, Zinn 23.
- Schiich, Schwefel 467.
- Schladming, Fahlbänder 268.
- Schlesien, Eisen 180, 195, 196, 229, 230, 236.
- Schluckenau, Nickel 42.
- Schmiedeberg, Eisen 167.
- Schmiedefeld, Eisen 199, 201, 202.
- Schmöllnitz, Kieslager 285, 288, 301, 322, 326, 328.
- Schneeberg (Tirol), Zink 362.
- Schobüll, Kupfer 411.
- Schönecken, Eisen 206.
- Schottland, Eisen 230, 231.
- Schuida, Eisen 187.
- Schukruti, Mangan 258.
- Schwarzenberg (Sachsen), Eisen 167. Smirgel 170. Blende 362.
- Schwarzenberg (Schlesien), Chromit 35.
- Schwarzes Kreuz, Eisen 208.
- Schwarzes Meer, Manganknollen 262. Schwefeleisen 359. Schwefelbakterien 470.
- Schwarzkoestetz, Kupfer 391.
- Schwarzwald, Nickel 46.
- Schwarzwalde, Eisen 230.
- Schwaz, Eisen 188.
- Schweden, Nickel 48. Eisen 110, 115, 235, 237. Mangan 240, 247, 263. Phosphorit 444, 446.
- Schweidrich, Nickel 42.
- Schweina, Kupferschiefer 105, 404.
- Schweiz, Eisen 210, 216.
- Schwemsal, Alaunton 356.
- Seehundsklippen, Kupfer 411.
- Seeland, Schwefeleisen 358.
- Segré, Eisen 170.
- Seitendorf, Eisen 181.
- Sella bassa, Nickel 47.
- Senftenberg, Raseneisenerz 236.
- Senjen, Nickel 49.
- Serbien, Chromit 37. Mangan 253.
- Serra Araçoyaba, Eisen 111.
- Serrania de Ronda, Eisen 146.
- Serre d'Azet, Mangan 249.
- Servola, Eisenhütte 194, 252.
- Sesiatal, Nickel 47.
- Setif, Phosphorit 454.

- Sevilla, Eisenerz 145, 147.  
Kieslager 347.  
Shropshire, Eisen 231.  
Sibirien, Raseneisenerz 237.  
Siebenbürgen, Eisen 184.  
Kieslager 288, 289. Gold 382.  
Siegerland, Eisen 110.  
Siegendorf, Eisen 221.  
Siena, Schwefel 462.  
Sierra Alpujata, Nickel 62.  
Sierra Bermeja, Nickel 63.  
Sierra Gador, Schwefel 466.  
Sierra da Piedade, Eisen 110.  
Siewierz, Eisen 195.  
Sikinos, Smirgel 169.  
Sillian, Kieslager 279.  
Silver Reef, Silber 434, 436.  
Silverton, Silber 364.  
Simbirsk, Eisen 197.  
Sims, Eisenhütte 187.  
Sinai, Phosphorit 453.  
Singbum, Kieslager 315.  
Sizilien, Schwefel 456, 457, 461, 468, 469.  
Sjängeli, Kieslager 310, 322.  
Sjögrufvan, Mangan 241.  
Skärstöten, Eisen 129.  
Skandinavien, Nickel 48.  
Eisen 115, 164. Phosphorit 446.  
Skjåkerdalen, Nickel 49.  
Skötgruben, Eisen 125.  
Skole, Eisen 196.  
Skuterud, Kobalt 269.  
Skyros, Chromit 37.  
Slatinsk, Eisenhütte 187.  
Smaalenene, Nickel 49, 50.  
Småland, Seeerz 237. Kobalt 272.  
Smolensk, Phosphorit 453.  
Smreka, Eisen 194.  
Smyrna, Chromit 39.  
Snarum, Kobalt 269.  
Soden, Kupferschiefer 406.  
Södermanland, Eisenerz 118, 135, 237.  
Sölenhai, Eisen 208.  
Soggedal, Titaneisen 29.  
Sohland, Nickel 42.  
Solberg, Eisen 120, 141.  
Solowiew-Berg, Platin 65.  
Sommatino, Schwefel 458.  
Cölestin 459.  
Sommerhalde, Eisen 192.  
Sonthofen, Eisen 222.  
Sorbat, Nickel 47.  
Sosnowka, Mangan 256.  
Spachendorf, Eisen 180.  
Spanien, Eisen 145. Mangan 251. Kieslager 347. Schwefel 465.  
Spessart, Kupferschiefer 406.  
Spich, Alaunton 356.  
Spitzberg, Blei 431.  
Spitzenberg, Eisen 104, 168, 173, 178.  
Spreewald, Raseneisenerz 236.  
Ssedelnikowaja, Rhodonit 247.  
Stade, Kupfer 411.  
Stadtberge, Kupfer 344, 346, 411.  
Ställberg, Eisen 120, 125.  
Stäteberg, Kupfer 409.  
Staffelstein, Eisen 212.  
Staffordshire, Eisen 231.  
Stallberg, Blei 431.  
Standenbühl, Kupfer 391.  
Stang, Nickel 49.  
Stanitz, Eisen 233.  
Stara-Korczyn, Schwefel 464.  
Starckenbach, Kupfer 389.  
Staßfurt, Schwefel 456.  
Staten Island, Eisen 150.  
Steiermark, Eisen 110, 182, 188, 189. Kieslager 275.  
Steinbach, Eisen 177.  
Steinsberg, Kupfer 427, 430.  
Stendal, Raseneisenerz 236.  
Sterling Hill, Mangan, Zink 244, 246.  
Sternberg, Eisen 180.  
Stieldorf, Alaunton 356.  
Stiftsberg, Blei 431.  
Stillor Ozean, Manganknollen 262.  
Stobie Mine, Nickel, Kupfer 58, 59.  
Stockholm, Eisen 118.  
Storagrufva (Persberg), Eisen 130.  
Storagrufva (Ytterö), Kieslager 307.  
Stordö, Kieslager 297.  
Stormberg, Kohle 371.  
Storvartsgrube, Kieslager 298, 306.  
Storrymningen (Dalkarlsberg), Eisen 124.  
Storrymningen (Danne-mora), Eisen 134.  
Strempt, Blei 424.  
Striberg, Eisen 119, 123, 143, 165.  
Stripa, Eisen 119, 124.  
Strossa, Eisen 124.  
Strullos, Mangan 260.  
Sudbury, Nickel, Kupfer 45, 46, 55. Platin, Iridium, Palladium 46.  
Sudeten, Eisen 180.  
Südafrika, Gold 369. Geologie 371, 372.  
Südcarolina, Eisen 110, 111, 165.  
Südstaffordshire, Eisen 231.  
Suffolk, Phosphorit 452.  
Sukarrhas, Phosphorit 454.  
Sukeevo, Schwefel 457.  
Sulitelma, Kieslager 297, 298, 299, 303, 307, 322, 323.  
Sundainseln, Schwefel 456.  
Surrey, Eisen 232. Phosphorit 451, 452.  
Sussex, Raseneisenerz 236. Phosphorit 451, 452.  
Svappavara, Eisen 138. Kupfer 140.  
Swarhaub, Gold 70.  
Swasiland, 371.  
Swinhöft, Schwefelkies 356.  
Swosowice, Schwefel 457, 462, 463.  
Taberg, Eisen 25, 164.  
Tagli, Mangan 257.  
Tambow, Phosphorit 453.  
Tamerza, Phosphorit 454.  
Tampadel, Chromit 35.  
Tapets, Schwefel 464.  
Tarn, Phosphorit 448.  
Tasmania, Kieslager 317.  
Taunus, Eisenglimmerschiefer 110.  
Taylor Mine, Mangan, Zink 247.  
Tebessa, Phosphorit 454, 455.  
Telek, Eisen 185.  
San Telmo, Kieslager 350, 352, 354.  
Temperino, Kontaktlagerstätten 362.  
Tennessee, Eisen 186, 311. Kieslager 311. Phosphorit 447, 449, 450.  
Ternel, Schwefel 466.  
Teschen, Eisen 94, 196.  
Teutoburgerwald, Eisen 94, 196, 207.  
Texas, Kupfer 417.  
Thalitter, Kupfer 344, 411.  
Tharsis (Spanien), Kieslager 347, 350, 353, 355.  
Tharsis-Lager (Tasmanien), Kieslager 318, 319.  
San Thiago, Eisen 145.  
Thorbjørnsboe, Eisen 144.  
Three Rivers, Seeerz 236.  
Thüringen, Kupferschiefer 87, 91, 95, 106, 391, 393, 403, 404. Eisen 200, 201, 224. Mangan 240.

- Tiëbaghi-Gebirge, Chromit 39.  
 Tiflis, Mangan 257.  
 Tilly Foster Mine, Eisen 150, 166.  
 Timor, Chromit 39.  
 Tinetzky-See, Schwefeleisen 359.  
 Tinos, Chromit 37.  
 Tinzener Ochsenalp, Mangan 253.  
 Tireh, Smirgel 169.  
 Tirol, Kieslager 275.  
 Toennichen, Eisen 179.  
 Tolgen, Kieslager 297.  
 Tragöß, Eisen 192.  
 Transkaspien, Schwefel 467.  
 Transvaal, Diamant 82. Gold 106, 369, 371. Geologie 371, 372.  
 Trappensee, Blei 431.  
 Traversella, Eisen 167.  
 Travers Mine, Nickel 59.  
 Treublitz, Eisen 180.  
 Trgove, Eisen 185.  
 Tromö-Sund, Eisen 144.  
 Trondhjem, Kieslager 290, 297, 298, 306.  
 Tronffeld, Kieslager 297.  
 Trucco della Chiara, Mangan 247.  
 Trzebycka, Eisen 195.  
 Tschamluk, Kupfer 342.  
 Tschardy, Chromit 39.  
 Tschatalja-Dagh, Chromit 39.  
 Tschchikfta, Mangan 257.  
 Tschelekén, Schwefeleisen 357.  
 Tschiatura, Mangan 257, 259.  
 Tschusowaja, Platin 64.  
 Tulmeen-River, Platin 65.  
 Tunis, Phosphorit 454.  
 Tuolluvara, Eisen 140.  
 Tupaltupal, Kupfer 421.  
 Tuscarawas-Tal, Eisen 232.  
 Twiste, Kupfer 430.  
 Tysnaesö, Kieslager 297.  
 Ugib, Kupfer 63.  
 Uifak, ged. Eisen 67, 85. Diamant 83.  
 Umberg, Kieslager 276.  
 Undal, Kieslager 297.  
 Unter-Ballygahan-Grube, Kieslager 291.  
 Unterharz, Eisen 178.  
 Upsala, Eisen 118.  
 Ural, Chromit 38. Platin 64. Gold 69.  
 Ural, Diamant 83. Eisen 187. Rhodonit 247. Mangan 263. Kontaktlagerstätten 362.  
 Uranus, Eisen 175.  
 Urbino, Schwefel 461.  
 Urus, Eisensalze 357.  
 Uszica, Phosphorit 447.  
 Utah, Silber 434.  
 Utica, Eisen 205.  
 Utö, Eisen 119, 120, 122, 135.  
 Vaal-Fluß, Diamant 74.  
 Välimäki, Eisen 27.  
 Vårdalen, Nickel 49.  
 Vagliagli, Schwefel 462.  
 Vajda Hunyad, Eisenhütte 185.  
 Valahejen-Grube, Kieslager 307.  
 Val Barbina, Nickel 47.  
 Val di Scalve, Eisen 193.  
 Val di Seriana, Eisen 193.  
 Valguenera, Schwefel 458, 461.  
 Vallon Crò, Kieslager 284.  
 Valmaggia, Nickel 47.  
 Valsesia, Nickel 47.  
 Valsorba, Nickel 47.  
 Valtrompia, Eisen 193.  
 Varaldsö, Kieslager 297, 298, 306, 322.  
 Varallo, Nickel 45, 47.  
 Vareš, Chromit 36. Eisen 193.  
 Vaucluse, Schwefel 464.  
 St. Veit a. Glan, Kieslager 275.  
 Veitsch, Eisen 188, 192.  
 Velestino, Chromit 37.  
 Vena, Kobalt 271.  
 Vence, Eisenerz 114.  
 Venterskron, Gold 374.  
 Vereeniging, Kohle 371.  
 Vereinigte Staaten, Kupfer 355.  
 Vermilion Mine, Platin 58, 59.  
 Vermilion Range, Eisen 155, 158, 163.  
 Vermont, Eisen 186. Kieslager 311, 315, 322.  
 Veslegruben, Nickel 49.  
 Vesuv, Sublimationen 439.  
 Vicinella, Nickel 45.  
 Victoria County, Eisen 154.  
 Victoria-Grube, Eisen 217.  
 Vierzehnheiligen, Eisen 212.  
 Vignäs, Kieslager 297, 298, 299, 307, 322.  
 Vignasca, Mangan 253.  
 Vignšica, Mangan 253.  
 Viker, Eisenerz 120, 125, 166.  
 Viktoria, Gold 70.  
 Villarosa, Schwefel 458, 461.  
 Villefranche, Eisenglimmerschiefer 110.  
 Viresee, Seerz 235.  
 Virginia, Eisen 152, 186. Kieslager 311, 315.  
 Vitrey, Phosphorit 451.  
 Vlatten, Kupfer 423, 425.  
 Vöhl, Mangan 251.  
 Vogelstrauß, Eisen 177.  
 Vogtland, Phosphorit 446.  
 Volo, Chromit 37.  
 Volpersdorf, Eisen 230.  
 Vordernberger Erzberg, Eisen 189, 191.  
 Vulcano, Sublimationen 439, Schwefel 456.  
 Waldeck, Eisen 174. Kupfer 344, 411, 430.  
 Waldenburg, Eisen 230.  
 Wales, Eisen 230. Mangan 256. Phosphorit 446, 447.  
 Walkenried, Kupferschiefer 402.  
 Wallace Mine, Nickel 56.  
 Wallerfangen, Kupfer 426, 430.  
 Wallis, Eisenerz 114, 217.  
 Wasseraffingen, Eisen 210.  
 Wassy, Eisen 221.  
 Wayne County, Eisen 150.  
 Weenzen, Schwefel 456.  
 Wehrshausen, Kupferletten 411.  
 Weigattfjord, ged. Eisen 68.  
 Weilburg, Eisen 173, 176.  
 Welfsholz, Kupferschiefer 398.  
 Wellatal, Kieslager 278, 322.  
 Wemmer Mine, Gold 384.  
 Werch Issetsk, Rhodonit 248.  
 Werfen, Eisen 193.  
 Wermland, Eisen 118, 128, 130. Mangan 241.  
 Wernersdorf, Kupfer 390.  
 Wesergebirge, Eisen 87, 196, 217.  
 Wesselton Mine, Diamant 76, 79.  
 Westeregeln, Vitriolerz 356.  
 Westerwald, Eisen 233.  
 West-Griqualand, Diamant 74.  
 Westindien, Schwefel 456.  
 Westmanland, Eisen 118, 126.

