

Die Bedeutung der Konzentrationsprozesse

für die

Lagerstättenlehre und die Lithogenesis.

Von

Rudolf Delkeskamp

aus Frankfurt a. M.

Assistent am mineralog.-geolog. Institut.

Sonder-Abdruck aus „Zeitschrift für praktische Geologie“. XII. Jahrgang, 1904, Heft 9.

~~~~~

Verlag von Julius Springer in Berlin N.

# Inhalts-Verzeichnis.

|                                                                                                                                                                      | Seite |                                                                                                                                                                                                        | Seite |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Einleitung . . . . .                                                                                                                                                 | 289   | D. Durch gegenseitige Fällung von lokal zugeführten Metallsalzen und einer suspendierten Trübe durch Adsorption . . . . .                                                                              | 300   |
| Wir betrachten im folgenden eine Reihe wichtigerer Konzentrationen, die wir einteilen in präexistierende, primäre und sekundäre.                                     |       | E. Die Entstehung chemischer Sedimente durch Austrocknen von durch Barren vom Meere abgeschnittenen Buchten (Lagunen) oder infolge des Steigens der Konzentration des Wassers abflußloser Depressionen | 300   |
| <b>I. Präexistierende</b> . . . . .                                                                                                                                  | 292   | Die Salzlager-Theorie von Ochsenius u. s. w. . . . .                                                                                                                                                   | 300   |
| Tongallen in Sandstein . . . . .                                                                                                                                     | 292   | Die Lagunengipse nach Lacroix . . . . .                                                                                                                                                                | 301   |
| Dolomit- und Kalkknollen des Rotliegenden und Buntsandsteins . . . . .                                                                                               | 293   | F. Konzentration von Mineralsubstanz durch sukzessiven Absatz aus Mineralquellen . . . . .                                                                                                             | 301   |
| Durch auslesende Sedimentation entstandene Seifen etc. . . . .                                                                                                       | 293   | <b>III. Sekundäre Konzentrationen.</b>                                                                                                                                                                 |       |
| <b>II. Primäre Konzentrationen.</b>                                                                                                                                  |       | <b>Sekundärbildungen</b> . . . . .                                                                                                                                                                     | 301   |
| <b>Bildungen in situ und gleichzeitig mit dem Sediment</b> . . . . .                                                                                                 | 293   | A. Der zur Konzentration gelangte Stoff war von Anfang an im Sediment gleichmäßig verbreitet oder entstand durch nachträgliche Oxydation oder Reduktion eines solchen                                  | 301   |
| A. Bildungen unter Wasser durch Quellenabsatz . . . . .                                                                                                              | 293   | 1. Die Konzentration fand statt in einem Sediment in frischem Zustande und auf primärer Lagerstätte . . . . .                                                                                          | 301   |
| Gümbels Erklärungsversuch für die Manganknollen des Challenger . . . . .                                                                                             | 294   | Bildung von Eisenanreicherungen in Sedimenten: Eisenreiche Lagen im Buntsandstein, im nubischen Sandstein, im Eisensandstein der Kreide . . . . .                                                      | 301   |
| Der Kreuznacher Barytsandstein nach Laspeyres . . . . .                                                                                                              | 294   | Bildung von Kalkkonzentrationen in Sedimenten . . . . .                                                                                                                                                | 302   |
| B. Durch lokale Änderung in der Zuführung des Detritus hervorgerufene Konzentrationen . . . . .                                                                      | 294   | Bildung der Kieselknollen der Kreide nach Hanssen . . . . .                                                                                                                                            | 302   |
| Durch überhandnehmende konkretionäre Bildungen entstehende Facieswechsel . . . . .                                                                                   | 294   | 2. Die Konzentration fand statt in dem Verwitterungsresiduum eines Gesteins; gelegentlich während der Bildung desselben . . . . .                                                                      | 303   |
| Die Sphärosideritlinsen und -Nieren in Tonschiefer . . . . .                                                                                                         | 295   | a) Anreicherungen im Verwitterungston von Kalken . . . . .                                                                                                                                             | 303   |
| Die Knottenerze von Mechernich und Commern u. s. w. . . . .                                                                                                          | 295   | Konzentrationen im Verwitterungston des mitteldevonischen Stringocephalenkalkes                                                                                                                        | 303   |
| Der Kupferschiefer der Zechsteinformation . . . . .                                                                                                                  | 295   | Konzentrationen in der Terra rossa des Karstes. Die konkretionären Bohnerze . . . . .                                                                                                                  | 305   |
| Das Huelva-Kiesfeld nach F. Klockmann . . . . .                                                                                                                      | 295   | b) Anreicherungen im Verwitterungsresiduum von Silikatgesteinen . . . . .                                                                                                                              | 306   |
| Die Manganerzlagertstätten von Las Cabesses nach F. Klockmann . . . . .                                                                                              | 295   | Konzentrationen im Laterit der Tropen . . . . .                                                                                                                                                        | 306   |
| Die jurassischen Minetten Lothringens nach Villain, van Werveke u. a. . . . .                                                                                        | 296   | Die diluvialen Eisensteine der Gegend von Frittlar (bei Cassel) . . . . .                                                                                                                              | 307   |
| Die Bildung von Schwefeleisen am Grunde des Schwarzen Meeres nach Androussow u. s. w. . . . .                                                                        | 296   |                                                                                                                                                                                                        |       |
| Die Sumpf-, Moor- und Seeerze (Eisenerze) . . . . .                                                                                                                  | 298   |                                                                                                                                                                                                        |       |
| C. Durch Stoffumlagerungen und Zersetzungsvorgänge während der Bildung eines Sediments . . . . .                                                                     | 298   |                                                                                                                                                                                                        |       |
| Bildung der Manganknollen des Challenger. Die Mangan-, Kalk- und Barytknollen am Grunde der Tiefsee                                                                  | 298   |                                                                                                                                                                                                        |       |
| Die Phosphat-Konzentrationen am Grunde rezenter Meere, die Phosphorite des Leipziger Mitteloligozäns nach H. Credner, die kretacischen Phosphorite Belgiens u. s. w. | 299   |                                                                                                                                                                                                        |       |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Seite |                                                                                                                                                                                                                     | Seite |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Anreicherungsprozesse im eiser-<br>nen Hut bei der Verwitte-<br>rung des Ausgehenden der<br>Erzgänge . . . . .                                                                                                                                                                                          | 308   | Kieselsinter in den Werra- und Fulda-<br>gegenden; Gipsbildung durch Schwe-<br>felwasserstoff-Fumarolen in kalk-<br>haltigen Tuffen . . . . .                                                                       | 311   |
| Bildung von Phosphoritlagern<br>und Konzentrationen im Dia-<br>bas und Schalstein des Lahn-<br>tals . . . . .                                                                                                                                                                                           | 308   | Kaolinbildung als metasomatische Kon-<br>zentration unter Mitwirkung ther-<br>maler Infiltration . . . . .                                                                                                          | 311   |
| Die Hornsteinknollen im Ver-<br>witterungsschutt und -ton<br>oberhessischer Basalte . . . . .                                                                                                                                                                                                           | 308   | D. Konzentrationen von Stoffen, die<br>sekundär infiltriert wurden und<br>metasomatisch andere primäre<br>Körper ersetzen . . . . .                                                                                 | 311   |
| B. Der zur Konzentration gelangte<br>Stoff entstand durch Wechselwir-<br>kung zweier oder mehrerer primär<br>im Sediment gleichmäßig verbrei-<br>teter Körper . . . . .                                                                                                                                 | 308   | Die Entstehung von Eisen- und Mangan-<br>lagerstätten durch Austausch von<br>Eisen und Mangan gegen Kalk . . . . .                                                                                                  | 311   |
| Die Gipskonzentrationen im Rupelton,<br>Cyrenenmergel u. s. w. im Mainzer<br>Becken; in den Kreidemergeln von<br>Sperenberg und den kalkigen Sedi-<br>menten der Gegend von Paris . . . . .                                                                                                             | 308   | Die Metamorphose der unterdevonischen<br>Grauwacke der Grube Braut und<br>die metasomatischen Zinkerz-Lager-<br>stätten . . . . .                                                                                   | 312   |
| Schwerspat-Konzentrationen in Tonen<br>und Sanden . . . . .                                                                                                                                                                                                                                             | 309   | Die Genesis der pseudomorphen Quarz-<br>gänge des rheinischen Schiefer-<br>gebirges, des Erzgebirges u. s. w. . . . .                                                                                               | 312   |
| Kalk-Konzentrationen im Löß und Löß-<br>lehm . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                  | 309   | E. Konzentrationen durch sekundäre<br>Infiltration, festgehalten durch Ad-<br>sorption in gewissen Lagen eines<br>Schichtenkomplexes . . . . .                                                                      | 312   |
| Die Bildung des Messelits in der<br>Braunkohle von Messel . . . . .                                                                                                                                                                                                                                     | 309   | F. Konzentrationen von Stoffen, die<br>sekundär in wäßriger Lösung in-<br>filtriert wurden. (Die Infiltration<br>erfolgte durch Mineralquellen oder<br>durch Auslaugewässer überlagern-<br>der Schichten) . . . . . | 312   |
| C. Konzentrationen von Stoffen, die<br>zum Teil im Sediment ursprünglich<br>vorhanden waren (ebenso im Ver-<br>witterungsresiduum oder Zer-<br>setzungsrückstand krystalliner<br>oder sedimentärer Gesteine), zum<br>Teil aber sekundär durch Mineral-<br>quellen u. s. w. infiltriert wurden . . . . . | 310   | Die Bildung von Kalk-, Kiesel-, Schwer-<br>spat- und Eisensandsteinen u. s. w. . . . .                                                                                                                              | 312   |
| Die Bildung von Basalteisenstein und<br>Beauxit mit Basaltstruktur in dem<br>Verwitterungston oberhessischer Ana-<br>mesite . . . . .                                                                                                                                                                   | 310   | Eisenverkittungen im Pliocän der<br>Wetterau . . . . .                                                                                                                                                              | 314   |
| Schwefelkies- und Markasit-Konzen-<br>trationen in Mooren . . . . .                                                                                                                                                                                                                                     | 310   | Anreicherungen auf Kluffflächen . . . . .                                                                                                                                                                           | 314   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |       | Die Bedeutung der Lateralsekretions-<br>theorie für die Genesis der Erz-<br>gänge . . . . .                                                                                                                         | 315   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |       | Allgemeine Gesetze für die Bildung<br>der Erzgänge . . . . .                                                                                                                                                        | 315   |

Der Vorgang der konkretionären Ausscheidung in Sedimenten verdient für die Lagerstättenlehre und die Lithogenese eine weit größere Würdigung, als ihm bisher zuteil geworden \*).

Er bedeutet für die Sedimentgesteine im großen ganzen das, was man bei den Eruptivgesteinen unter magmatischer Konzentration versteht. Unter Konzentration wollen wir hier jede Anhäufung einer einheitlichen Substanz auffassen, denn ursprünglich waren im Magma sicherlich alle Stoffe gleichmäßig verteilt und miteinander gemischt vorhanden.

Wie z. B. Klockmann<sup>1)</sup> in der Kieslagerstätte des Huelva-Kiesfeldes konkretionäre Ausscheidungen innerhalb eines mit den Bestandteilen des Pyrits geschwängerten, plastischen Tonschieferschlammes erblickt, so wird auch bei genauerer Würdigung der diesbezüglichen Faktoren sich für manche andere sedimentäre syngenetische und vor allem für eine Reihe von nichtgangförmigen epigenetischen Lagerstätten eine Mitwirkung chemischer Konzentrationsprozesse erkennen lassen.

Vogt<sup>2)</sup>, Clarke und Hillebrand<sup>3)</sup> etc. haben auf Grund eigener und älterer Untersuchungen und Berechnungen eine klare Übersicht über die relative Verbreitung der Elemente, besonders der Schwermetalle, in den die Erdkruste zusammensetzenden Gesteinen und über die maximale Größe der Erzlagerstätten, das ist also über den quantitativen Umfang der dieselben bildenden Konzentrationsprozesse gegeben.

Vogt hat weiter gezeigt, daß folgende Kombinationen chemisch nahestehender Me-

talle von gesetzmäßiger Natur in den Erzkonzentrationen sich erkennen lassen:

Eisen und Mangan, Nickel und Kobalt, Zink und Kadmium, sämtliche Platinmetalle, die Cer- und Yttriummetalle nebst Thorium, Tantal und Niob, Arsen und Antimon, Kupfer und Silber, Blei und Silber, Gold und Silber, dann auch Schwefel und Selen; Chlor, Brom und Jod u. s. w.

Er hat weiter betont, daß gewisse Metalle dieser einzelnen Kombinationen innerhalb der letzteren relativ häufiger auftreten als andere; daß also für dieselben der quantitative Umfang der Konzentration ein bedeutenderer war. Es wurde darauf hingewiesen, daß neben diesen natürlichen Kombinationen auch solche auftreten, die in chemischer Beziehung entfernter zueinander stehen. So z. B. tritt Tellur besonders in Begleitung von Gold auf, Silber und Gold kommt auf vielen Lagerstätten und Lagerstättengruppen mit Arsen- und Antimon-Verbindungen, oftmals als Sulfosalze, vor. Zu Quecksilber gesellt sich Arsen und Antimon, Mangan ist häufig von Barium begleitet und Zinn tritt mit Wolfram, Uran mit Alkalimetallen, so dem Lithium u. s. w., auf.

Gelegentlich ist aber die Trennung der Metalle noch weiter fortgeschritten, wodurch Lagerstätten resultieren, in denen selbst ganz nahestehende Metalle voneinander fast völlig getrennt wurden.

Hierfür bilden die Quecksilberlagerstätten von Almaden, wo nur Spuren von Kupferkies neben Schwefelkies das Quecksilber begleiten, die Eisenerzlagerstätten von Elba, die nur ca. 1 Proz. Mn enthalten, das Kupfervorkommen vom Lake superior, das nur sehr selten gediegenes Silber führt, die charakteristischsten Beispiele.

Dann wurde erörtert, wie durch Kombination verschiedenartig wirkender Vorgänge Erzlagerstätten entstehen. Die magmatische Konzentration fand bei Vogt ausführliche Darstellung, während die später, also nach erfolgter Erstarrung des Magmas, stattgefundenen metasomatischen Konzentrationen nur in wenig Beispielen in Form zahlenmäßiger Angaben der Größe der Konzentration festgehalten wurden.

\*) Herr Prof. Klockmann-Aachen, der dieses Thema ebenfalls zu bearbeiten beabsichtigte, überließ mir in liebenswürdiger Weise dasselbe. Ihm wie Herrn Bergingenieur M. Krahnemann verdanke ich so manche wichtige Bemerkungen und Hinweise.

<sup>1)</sup> F. Klockmann: Ztschr. f. prakt. Geologie. 1902. S. 113. — Vergl. auch Fortschritte I. S. 10.

<sup>2)</sup> Vogt: Zeitschr. f. prakt. Geologie. 1898. S. 225. 314. 377. 413; 1899. S. 10. 15.

<sup>3)</sup> Clarke und Hillebrand: Bulletin of the U. St. Geol. Survey. 1897. No. 148. Deutsch von E. Zschimmer; vergl. d. Z. 1899 S. 337; 1901 S. 72.

Die vorliegende Arbeit setzt also hier ergänzend ein und behandelt vor allem die Konzentrationsvorgänge, die zu den nicht gangförmigen Erzvorkommen führten, oder auch solche, durch die außerhalb des Begriffes der „Erze“ stehende Mineralanhäufungen entstanden, die für die Technik verwendbar oder für die theoretische Betrachtung verwertbar sind. Denn für uns bieten auch die letzteren genug des Interessanten. Die Erforschung der Genesis nicht abbauwürdiger Lagerstätten hat unsere Kenntnis vom Bau und den Entstehungsverhältnissen der national-ökonomisch wichtigen Erz- und Mineralagerstätten schon oft bedeutend erweitert.

Die chemischen Konzentrationsprozesse sind grundlegend für die Bildung von Mineralanhäufungen.

Wenn in einem Konglomerat, in dem durch Anwachsen des Bindemittels die zusammenhängenden Stücke schließlich so weit voneinander gedrängt werden, daß sie nur noch als schwimmende Inseln, von mächtigen Kittmassen umlagert, erscheinen, so sind das nur Offenbarungen einer Krystallisationskraft. Die durch Schwefelwasserstoffexhalationen in kalkhaltigen Tuffen entstandenen Gipskrystalle drängen beim Anwachsen die umgebenden Gesteinsteile auseinander und in Tonen entstehen durch Wechselwirkung der kalkigen und der von zersetztem Schwefelkies gelieferten sulfatigen Bestandteile große Gipsrosetten von erstaunlicher Reinheit, unter Zurückdrängen der Tonsubstanz. Allerdings ist vielleicht diese Tatsache in der langsameren oder schnelleren Auskrystallisation begründet. Schwerspat und Kalkspat, die häufig mit Sandeinschluß auftreten, haben sich wohl verhältnismäßig schneller gebildet als andere einschlußfreie Gipse oder Schwefelkies u. s. w.

Die sich um einen Attraktionspunkt herum bildenden Konkretionen drängen gelegentlich das umlagernde Gesteinsmaterial auseinander. Meist gelingt es dem zur Konzentration gelangten Körper aber nicht vollkommen, die umlagernden fremdartigen Massen wegzudrängen, und sie treten so als Verkittungsmittel auf oder als Kittkonkretionen, die verschieden große Mengen von Fremdkörpern einschließen. Diese durch interstitielles Wachstum hervorgebrachten stofflichen Wandlungen bewirken so manche Veränderungen in der starren Erdkruste. So entstehen örtliche Anreicherungen in Knoten und Linsen, oder es wächst das ganze Gestein durch Intussuszeption<sup>3a)</sup>. Gelegentlich schwellen die Schichten infolge dieser Stoff-

umlagerungen, und auch Faltungen können durch derartige Vorgänge hervorgerufen werden.

Der Vorgang der Krystallisation ist im Grunde auch nichts anderes als eine Konzentration einer einheitlichen Mineralsubstanz an gewissen Punkten der Minerallösung. Wie bei den magmatischen Differentiationsprozessen der Ursprung der Attraktionspunkte rätselhaft erscheint, so ist auch die Ursache der chemischen Mineralanhäufung, mithin das Wesen der Krystallisation für uns noch immer verschleiert.

R. Brauns<sup>4)</sup> hat sich ausführlich über diese Frage ausgelassen, dem wir kurz das Folgende entnehmen: „Wir können die Vergrößerung der Krystalle, aber nicht die Bildung derselben beobachten, da die Teilchen, aus deren Vereinigung nach unserer Vorstellung ein Krystall hervorgeht, so klein sind, daß wir sie durch keine bis jetzt erreichbare und vielleicht mögliche Vergrößerung sichtbar machen können. Alles, was wir über die Entwicklung der Krystalle wissen, bezieht sich auf deren Vergrößerung, auf ihr Wachstum.“ Wenn wir uns überhaupt über den Vorgang der Krystallisation eine Vorstellung machen wollen, so müssen wir den kleinsten Teilchen ein Vereinigungsvermögen zuerkennen, sodaß bei zufälliger Annäherung kleinster Teilchen in der Lösung sie eine solche Lage zueinander nehmen, daß sie sich zu einem größeren Teilchen vereinigen.

Die Bildung von Tröpfchen übersättigter Lösung in der Flüssigkeit sind die einzigen Erscheinungen, die als Vorgänger der entstehenden Krystalle aufgefaßt werden können.

Wie bei der Krystallisation in klarer Lösung sich ganz plötzlich wachsende Krystalle bilden, die kurz vorher sich noch durch nichts von der Umgebung unterschieden, so ist auch der Grund für die Ausscheidung an der betreffenden Stelle bei den Mineralkonzentrationen, das ist also die Natur der Konzentrationspunkte zur Zeit unbekannt. Allzuviel wird die Forschung auch hier nicht erreichen, geradeso wie es bei der Genesis und dem Wesen der Attraktionspunkte (und der Attraktionslinien) bei der magmatischen Kontraktion der Fall sein wird.

Gelegentlich haben gewisse organische Substanzen oder andere Fremdkörper als Attraktionspunkte gewirkt, in der Regel aber nur weil sie aktiv in die chemischen Reaktionen bei der Bildung der Konkretionen eingegriffen haben. Die Leiber des Paläoniscus Freieslebeni und des Platysomus striatus, die Blätter und Früchte der Ullmania

<sup>3a)</sup> Reyer: Theoret. Geologie. 1888. S. 425 ff.

<sup>4)</sup> R. Brauns: Chem. Mineralogie. S. 118/23.

Bronni und der Voltzia Liebeana haben so die Kupfer- und Silbersalzlösungen durch organische Substanz reduziert und sie als Sulfide auf ihren Schuppen u. s. w. gefällt. Ebenso wirkten Muschelschalen, z. B. bei der Bildung der im Leipziger Mitteloligocän vorkommenden Phosphoritknollen.

In vielen Fällen haben auch lebende Organismen Konzentrationen gewisser Mineralsubstanzen hervorgebracht. Kalkalgen fällen Kalziumkarbonat aus fließendem Wasser, so z. B. bei dem Uracher Wasserfall, demjenigen von Tivoli bei Rom, und ebenso aus warmen Mineralquellen. Analog wirken Kieselalgen abscheidend auf heißes Mineralwasser, z. B. im Yellowstone-Nationalpark. Korallen, Cö-lenteraten, Echinodermen und Protozoen scheiden Kalk (z. T. auch Kieselsäure) aus dem Meerwasser ab, um es in ihren Hartbestandteilen lokal zu konzentrieren, woraus dann später wieder Kalksedimente entstehen, die hiernach als Konzentrationen im Meerwasser aufzufassen sind. Ähnlich wirken die Eisen- und Schwefelbakterien. Die ersteren haben große Bedeutung bei der Mooreisen-, Sumpf- und Seeisenerzbildung, die letzteren bei der Eisensulfide. Wie am Schwarzen Meer kann auch durch organischen Detritus eine Reduktion der im Meerwasser enthaltenen Alkalisulfate erfolgen, wodurch derartige Mengen von  $H_2S$  erzeugt werden, daß beträchtliche Quantitäten von Eisen als Sulfid gefällt werden. Diese chemischen Konzentrationen finden sich bei mechanischen Ablagerungen sehr häufig und zwar in allen Stadien des lithogenetischen Vorgangs.

Einmal bilden sich diese konkretionären Ausscheidungen im schlammigen, noch unverfestigten Sediment, es sind dies also etwa diejenigen Bildungen von Erzlagern, die Gürich<sup>5)</sup> als diagenetisch bezeichnete. Sie stellen das Übergangsglied dar zu den epigenetischen Lagerstätten, während die syngenetischen Konzentrationen die gleichzeitig mit dem Sediment entstandenen Ablagerungen von Erzen umfassen. Hierher gehören die rezenten Sumpf-, See- und Raseneisenerze, obwohl die nachträglich in diesen primären Ablagerungen stattgefundenen Erzkonzentrationen erst die Abbauwürdigkeit und Güte der Erze begründeten.

Ebenso sind hier die Abwässer der Hutbildungen großer Kieslagerstätten als Erze bildende Faktoren zu erwähnen. Die Ab-

wässer der Kieslagerstätten von Huelva und Rio Tinto setzen ungeheure Mengen von Eisenerzen ab<sup>6)</sup>.

Hierher gehören auch jene Lagerstätten, die der auslesenden Sedimentation (nach spez. Gewicht und Korngröße) durch Wasser ihre Entstehung verdanken. So z. B. die Metallseifen (Gold, Silber und Zinn) und die quartären Sedimentations-Eisensteinlager des Feuerlands. Durch das von dem der andern Bestandteile der Zersetzungs- und Verwitterungsprodukte von Gesteinen abweichende spez. Gewicht und die Zersetzbarkeit werden die Erze vom fließenden Wasser fortbewegt und schließlich zu Lagern verschiedener Mächtigkeit und Ausdehnung konzentriert.

Auch die umgelagerten Bohnerze, also gewisse Hohlräumeausfüllungen in Gesteinen u. s. w. gehören hierher. Durch chemische, syngenetische Konzentrationen sind auch alle die chemischen Sedimente entstanden, also die Salzlager, Gipsstöcke und alle die durch Fällung aus oberflächlich ausfließenden Quellen hervorgegangenen Erzanhäufungen.

Doch von ungleich größerer Bedeutung sind die epigenetischen, also nach erfolgter Sedimentation entstandenen Konzentrationen gewisser Stoffe innerhalb von Sedimenten. Auch diese Art von Konzentration ist eine sehr mannigfaltige. Einmal konnte ein primär im Sediment vorhandener oder ein durch Oxydation aus einem solchen entstandener Körper zur Konzentration gelangen, und zwar konnte dieser Vorgang im frischen Gestein und auch im Verwitterungsresiduum desselben stattfinden.

Mannigfaltiger sind diejenigen Konzentrationen, die durch Wechselwirkung zweier oder mehrerer primär im Sediment verbreiteter Stoffe oder unter Mitwirkung thermaler Infiltrationen gebildet wurden. Bei dieser sekundären Infiltration fand vielfach nicht nur eine Imprägnation des Gesteins mit Mineralsubstanz statt, sondern sie war von einer Ätzung, Auflösung und Wegführung gewisser Bestandteile des Muttergesteins begleitet, das seinerseits metasomatisch (pseudomorph) durch zugeführte Mineralsubstanz ersetzt wurde.

Gelegentlich, zumal bei Kalken, gewann der Pseudomorphosierungsprozeß die Oberhand. Es entstanden auf diese Weise an Stelle der Kalke Eisen- und Manganlagerstätten u. s. w.

Auch durch Adsorption konnte Mineralsubstanz bei sekundärer Infiltration in gewissen, z. B. kaolinhaltigen Gesteinen oder

<sup>5)</sup> G. Gürich: Sitz.-Ber. der Schles. Ges. für Vaterl. Kultur. Febr. 1899; auch Z. f. pr. Geol. 1899, S. 173—176: „Einteilung der Erzlagerstätten“. Dieser Aufsatz referiert auch kurz über die bisherigen Einteilungsversuche; in Anmerkung 2 daselbst ist weitere Literatur hierüber nachgewiesen.

<sup>6)</sup> R. Beck: Lehre von den Erzlagerstätten. 2. Aufl., S. 109.

Gesteinslagen festgehalten werden, während die anders beschaffenen, darüber und darunter lagernden Schichten nicht imprägniert wurden.

Zum Schlusse noch sind die Anreicherungen von Mineralsubstanz auf Klufflächen zu nennen, die mithin in das Feld der Lateralsekretion gehören.

Die systematische Gliederung der chemischen Konzentrationen ist, wie schon R. Beck<sup>7)</sup> bei der Besprechung der sedimentären Lagerstätten bemerkte, nur sehr schwer durchführbar.

Die Grenzen zwischen den einzelnen Gruppen sind nicht scharf zu ziehen, und vielfach durch später eingetretene Metamorphose alle Anhaltspunkte für die Beurteilung der Genesis der Erze verwischt worden.

Die Kobalt-Fahlbänder, die Eisenglimmerschiefer und alle metamorphen sedimentären Lagerstätten, finden hier keine Erwähnung, da sich an ihnen die Konzentrationsprozesse nicht mehr studieren lassen.

Obwohl die mechanischen Konzentrationen für die Lagerstättenlehre wenig Bedeutung haben, so sind sie doch für die Lithogenese sehr verbreitete Erscheinungen und müssen daher schon der Vollständigkeit wegen hier Behandlung finden. Die einfachsten mechanischen Konzentrationen sind die bei der Verwitterung der Gesteine gelieferten und durch Wasser fortbewegten Verwitterungsprodukte, die nach dem spez. Gewicht und der Korngröße getrennt zur Sedimentation gelangen.

Grobe Gerölle, Konglomerate sind küstennahe Ablagerungen, die mit der Entfernung von der Küste allmählich in Sande und Tone übergehen.

Lager gleichförmiger Sande und Tone stellen somit mechanische Konzentrationen dar, während z. B. Kaolinmassen an primärer Lagerstätte zu den chemischen Konzentrationen (chemischen Sedimenten) zählen, da sie durch thermale Prozesse umgewandelte und ihrer übrigen Bestandteile beraubte Silikatgesteine: Granite, Porphyre, Pechsteine u. s. w. darstellen.

Wenn wir nun auf die Besprechung der Konzentrationsprozesse ausführlich eingehen, so werden wir alle irgendwie interessanteren Vorkommen fremdartiger Körper innerhalb eines einheitlichen Sediments besprechen, denn die Konkretionen sind für die Lager-

stättenlehre von hoher Bedeutung; sie sind ja schließlich nichts anderes als Lagerstätten im kleinen.

Ob sich Konzentrationen von bedeutender Größe oder solche von nur geringem Umfange bildeten, ist für den Bildungsvorgang ganz gleich; die mechanischen oder die chemischen Prozesse sind in beiden Fällen dieselben. Es ergibt sich aber hieraus, daß die konkretionären Bildungen keineswegs so unbedeutend sind, wie man in der Regel anzunehmen pflegt, sondern daß sie großes Interesse verdienen.

Wir betrachten im folgenden eine Reihe wichtiger Konzentrationen, die wir einteilen in präexistierende, primäre und sekundäre.

### I. Präexistierende.

Die hier zu behandelnden fremdartigen Körper innerhalb eines einheitlichen Sediments gehören nicht zu den chemischen Konzentrationsprodukten, sondern sie sind auf rein mechanischem Wege entstanden und stellen bei der Verwitterung oder Zersetzung losgelöste Stücke eines älteren Sediments dar, die bei Bildung des jüngeren in dasselbe eingefloßt wurden. Sie verdienen also nicht die Bezeichnung Konkretion, müssen aber der Vollständigkeit halber hier genannt werden.

Es folgt ein Reihe typischer Beispiele:

#### A. Tongallen in Sandstein.

Wenn auf Sandflächen (besonders in Sandwüsten und Dünen) nach langanhaltendem Regengusse das Wasser sich in Pfützen und Lachen ansammelt, so wird der von demselben zusammengeschwemmte feine Staub länger suspendiert bleiben als der Sand und sich zuletzt als dünne zusammenhängende Haut auf den Sanden absetzen. In der austrocknenden Schlammhaut entstehen Risse und bei weiterer Bestrahlung durch die Sonne werden die einzelnen Stücke an den Rändern nach oben gebogen, von der Unterlage losgetrennt und vom Wind zusammengerollt, um so als Tonknollen von verschiedener Gestalt und Größe in ein sich bildendes Sediment eingebettet zu werden.

Tritt Kalk, Kieselgallerte u. s. w. dazu, so können auf diese Weise kieselige oder kalkige Tonknollen entstehen, die dann, an Ort und Stelle oder erst weiter verfrachtet, in jüngere Sedimente eingebettet werden. Sie können wiederum Veranlassung zur Bildung von Brauneisenschalen mit eingeschlossenem Tonkerne geben.

So sind die Tonknollen der verschiedensten Formationen entstanden, so z. B. des

<sup>7)</sup> R. Beck: Lehre von den Erzlagernstätten. 2. Aufl. S. 62.

Keupers<sup>8)</sup> und der Buntsandsteinbildungen<sup>9)</sup>, und so bilden sie sich heute u. a. noch im Salzwasseralluvium der Insel Föhr.

*B. Dolomit- und Kalkknollen des Rotliegenden und Buntsandsteins.*

Die für gewisse Lagen des Rotliegenden und Buntsandsteins charakteristischen Kalk- und Dolomitknollen (meist dolomitische Hohlgeschiebe) stellen sich als losgelöste Stücke von in der Nähe anstehenden älteren Kalken dar, die dann durch zeitweilige Veränderungen in den Sedimentationsbedingungen in in den sich bildenden Sand eingelagert wurden. So ist es z. B. in dem Rotliegenden der Gegend von Kreuznach, Langenlohnheim der Fall. Die Kalk- und Dolomitknollen, die hier vorkommen, sind losgelöste Stücke des bei Stromberg anstehenden Stringocephalenkalks. Sie wurden als Kalk im Sand eingebettet und erst später auf sekundärer Lagerstätte dolomitisiert; wir werden hierauf bei Besprechung der Hohlgeschiebe ausführlicher zurückkommen.

Nach Frantzen<sup>10)</sup> stellen gewisse Kalkknollen im Löß des Werratales bei Meiningen in situ eingebettete Muschelkalkstücke dar, die durch Austrocknung und teilweise Anätzung an der Oberfläche angegriffen sind.

*C. Durch auslesende Sedimentation entstandene Seifen etc.*

Spezifisch schwere Einlagerungen in älteren Sedimenten bleiben, zumal wenn sie sehr widerstandsfähig sind, bei Erosion oder Denudation des Muttersediments an Ort und Stelle liegen und werden dann wieder in jüngere Sedimente eingebettet. So finden sich die verkieselten Araucaria-Stämme des Rotliegenden in den diluvialen Tonen der Gegend von Frankfurt a. M. weit verbreitet.

Durch auslesende Sedimentation werden vom fließenden Wasser nach dem spez. Gewicht die Zerstörungsprodukte älterer Gesteine gesondert.

So wird der Ton und Quarzsand, die Verwitterungsprodukte krystalliner Gesteine, qualitativ und quantitativ voneinander und den schwereren Mineralien getrennt, und so entstehen die sogenannten Seifen (Metallseifen).

<sup>8)</sup> E. Spandel: Verhandl. der Ges. deutsch. Naturforsch. und Ärzte in Frankfurt a. M. 1896. S. 236/7.

<sup>9)</sup> Bornemann: Über den Buntsandstein in Deutschland. Jena 1889.

Fr. Ratzel: Die Erde und das Leben. 1. Bd. S. 489. Mit Abb.

<sup>10)</sup> Frantzen: Jahrbuch der preuß. geolog. Landesanstalt f. 1885. S. 257/66 m. T.

Zunächst des Ursprungsortes gelangen die schwersten Bestandteile zum Absatz, während die spezifisch leichteren weiter weggeführt wurden. Auf diese Weise entstanden die Zinn- und Goldseifen, aber auch Konzentrationen anderer Metalle, und deren Erze haben eine solche Genesis, nur spricht man in solchen Fällen nicht von Seifen. Ganz analog bildeten sich die Edelsteinseifen.

Die quartären Sedimentations-Eisenerz-lagerstätten gehören hierher, vor allem sind diejenigen des Feuerlandes zu erwähnen, die von Sjögren und Carlsson<sup>11)</sup> untersucht und beschrieben wurden.

In diese Gruppe gehört auch das im Tagebau abgebaute Manganeisensteinvorkommen, das sich östlich des später zu erwähnenden Lagers eines mulmigen Manganeisensteins von Ober-Roßbach bei Friedberg i. H. befindet. Feste Stückerze lagern unregelmäßig in einem braunen Ton. Sie sind an den Rändern abgerollt und der Ton, der sie umgibt, ist ein jüngeres Sediment, das genetisch mit dem Erz nichts zu tun hat. Man versuchte dieses Vorkommen nach Art der von C. Chelius<sup>12)</sup> gegebenen Erklärung der Bildung der Odenwälder Felsenmeere, besonders desjenigen im Hornblendegranit vom Felsberg aufzufassen, wonach die im Tone lagernden festen Erzbrocken die Kerne des in Manganeisenstein umgewandelten, der Verwitterung anheimgefallenen Stringocephalenkalks darstellen würden. Es fehlt aber der für diese Erklärung unbedingt notwendige Verwitterungsmulm.

Die Erze sind viel einfacher als die aus wegerodierten Teilen des benachbarten Erzmulmes bei der Verfrachtung übriggebliebenen und äußerlich abgeschliffenen Konzentrationskerne und losgerissenen Stücke solcher aufzufassen, wie wir sie später bei Besprechung der Genesis der hessischen Manganlagerstätten näher kennen lernen werden.

**II. Primäre Konzentrationen. Bildungen in situ und gleichzeitig mit dem Sediment.**

*A. Bildungen unter Wasser durch Quellenabsatz.*

Es sind hier solche Konzentrationen ins Auge zu fassen, die durch chemische Prozesse im nassen, von Wasser überdeckten Sediment entstanden sind, und zwar handelt es sich zuerst um Absätze von Mineralquellen, die am Grunde des Meeres aufsteigen.

<sup>11)</sup> Sjögren und Carlsson: Om recenta lager af jernmalm under bildning på Eldslandet. Geol. fören. förh. 14. 1892. S. 75/86.

<sup>12)</sup> C. Chelius: Zur Geologie des Odenwaldes. S. 31. In: G. Volk: Der Odenwald und seine Nachbargebiete. Stuttgart. 1900.



Gümbels Erklärungsversuch für die Manganknollen des Challenger.

Gümbel versuchte die zuerst von der Challenger-Tiefsee-Expedition von dem Boden der Tiefsee geförderten sogenannten Manganknollen mit der Annahme zu erklären, daß aufsteigende, Mangan, Eisen u. s. w. führende Mineralquellen diese Stoffe abgesetzt hätten. Die oolithische Struktur dieser Gebilde ließ ihn den Schluß ziehen, daß die sprudelnde Bewegung der aufsteigenden Quelle, trotz des enormen Gegendrucks, die durch Quellenabsatz infolge Abkühlung entstandenen Flocken von  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  und  $\text{Mn}(\text{OH})_2$  in stets wogender Bewegung halten und so deren konzentrisch-schalige Struktur bedingen würde.

Die Manganknollen bilden sich im Tiefseeschlamm, dem Umwandlungsprodukt submariner und terrigener Eruptionsmaterialien, und schließen naturgemäß z. T. große Mengen des Tiefseeschlammes ein.

Gümbel versuchte auf diese Weise auch die mangan- und eisenhaltigen Kalkkonkretionen zu erklären, die im oberdevonischen Kramenzelstein der Rheinlande vorkommen und die bei dem Verwittern in eine gelbe, ockerige oder braune Wad-ähnliche Substanz übergehen. Diese und alle ähnlichen Gebilde sollen, wenn sie auch eine konzentrische Struktur vermissen lassen, durch rollende Bewegung auf dem Meeresgrunde entstanden sein. Die z. T. noch deutlich schaligen Manganknollen aus den tiefsten Schichten des roten Liaskalkes (alpine Facies), die vielfach auch Versteinerungen im Kerne enthalten, sind hierfür gute Beispiele<sup>13)</sup>.

Wir werden unten auf die Zusammensetzung und Bildung dieser Konkretionen ausführlich eingehen; an dieser Stelle soll nur dieser eine Erklärungsversuch behandelt werden. Hiernach mußte man notgedrungen, der sehr weiten Verbreitung dieser Bildungen wegen, unterseeische Quellen als ganz allgemein verbreitete Erscheinungen annehmen, was gerade nicht für sehr wahrscheinlich gelten dürfte. Wir werden später Erklärungsversuche kennen lernen, die den Verhältnissen besser gerecht werden.

Der Kreuznacher Barytsandstein nach Laspeyres<sup>14)</sup>.

Die oberen Teile des mitteloligocänen Meeressandes sind an verschiedenen Stellen der Umgegend von Kreuznach, zumal am

<sup>13)</sup> C. W. Gümbel: Sitzungsberichte d. k. bayr. Akademie d. Wissensch. Math.-phys. Kl. 1878. S. 189 ff.

<sup>14)</sup> H. Laspeyres: Kreuznach und Dürkheim a. d. Hardt. Z. d. d. geol. Gesellschaft. 1868. S. 153; 1867. S. 803.

Nordostabhang des Kuhberges, mit Schwerspat verkittet, und zwar so, daß die obersten Teile festen Schwerspatsandstein darstellen, der nach unten in konkretionäre Wülste, Konkretionen und lose Krystallaggregate übergeht.

Laspeyres hat für diesen Schwerspatsandstein die syngenetische Genesis vertreten. Da er niemals Baryt als Ausfüllungsmasse der ausgewaschenen Muschelschalen oder als deren Versteinerungsmittel angetroffen, so war für ihn erwiesen, daß die Verkittung mit Schwerspat bereits ihr Ende erreicht hatte, als die Auswaschung der Muschelschalen begann. Dies konnte aber nicht sehr lange nach der Ablagerung erfolgt sein, da in der aus Porphyrgrus und Schwerspat bestehenden Masse die Muschelschalen von den Tagewässern am leichtesten und vollständigsten weggeschafft werden konnten, dabei aber erst nach der Barytisierung weggeführt zu sein scheinen.

Diese Annahme wäre allerdings auf Grund der von L. gegebenen Grundlage stichhaltig; wir fanden aber eine große Anzahl pseudomorph in Schwerspat umgewandelte Muschelschalen neben Hohlabdrücken (Steinkernen), welche letztere allerdings die große Masse ausmachen.

Sekundäre tafelige Baryte haben sich in den Zwischenräumen zwischen Steinkern und Hohlabdruck in kleinen Gruppen angesiedelt, aber diese Krystallindividuen sind von ganz anderem Habitus als die primären Schwerspate.

Eine unter Meer austretende Mineralquelle würde überdies ganz entsprechend den bei der Bildung der Manganknollen gegebenen Mitteilungen nur zu einem im Wasser suspendiert gehaltenen Niederschlage führen, der durch die Brandung (es handelt sich hier um typische Küstenbildungen) weitverteilt wurde und so die örtliche Konzentration der Barytsubstanz in dem groben Ufersediment unerklärt ließe.

Allerdings verlangt der gute Erhaltungszustand der organischen, zumal der paläophytologischen Einschlüsse, eine Verkittung des Sandes, die bald nach Absatz desselben erfolgte; unsere unten zu gebende Erklärung wird allen diesen Dingen gerecht<sup>15)</sup>.

*B. Durch lokale Änderung in der Zuführung des Detritus hervorgerufene Konzentrationen.*

Durch überhandnehmende konkretionäre Bildungen entstehende Facieswechsel.

In den mitteloligocänen Meeressanden Rheinhessens, vor allem bei den Orten Wein-

<sup>15)</sup> R. Delkeskamp: Zeitschr. f. Naturwiss. Bd. 75. 1903. S. 203.

heim und Fürfeld, sind Kalkbänke und aushaltende Konkretionen, namentlich in den oberen Teilen der Sande, weitverbreitete Erscheinungen.

Der Sand ist sonst vollständig frei von Kalk. An der Trift bei Weinheim sind hierfür die besten Aufschlüsse. Zu unterst stellen sich vereinzelt Kalkknollen ein, die in weiten Intervallen nach einer geraden Linie in den Sanden lagern.

Etwas höher wird der Sand durch eine ca. 0,25 m mächtige Kalksteinbank unterbrochen, über der wieder eine Lage fester Knollen sich zeigt. Ganz entblößt, stellen diese konkretionären Massen sich in eiförmiger Gestalt dar; sie besitzen ca. 1—1,5 m Länge und 0,5 m Dicke.

Die Fossilien sind spärlich darin als Steinkerne erhalten, was auch leicht zu verstehen ist. Die Lebensbedingungen an der Küste des mitteloligocänen Meeres waren ja sicherlich engverknüpft und abhängig von den Sedimentationsbedingungen.

Die Buchten an den Ufern wurden jedenfalls zeitweise vom Meere abgeschnitten, etwa durch Sandanhäufungen (Barren), und so entstanden in den abgeschlossenen Lagunen immer ungünstigere Lebensverhältnisse für die Meerestiere, und Kalkschlamm gelangte zur Ablagerung. Später wurde die Barre wieder durchbrochen. Neues Leben entwickelte sich in der Bucht und sandiger Detritus wurde abgesetzt. So ist es zu begreifen, daß Sande und kalkige Schichten miteinander wechsellagern.

Wie diese überhandnehmende Konkretionsbildung eine Faciesänderung herbeiführen kann, zeigt der Kramenzalk des Rheinlandes. In den oberdevonischen Cypridinschiefern erscheinen zuerst nur kleine und vereinzelt Kalkkonkretionen, allmählich treten diese aber immer näher zusammen, bis schließlich ein geschlossener Kalkstein entsteht. Der Cypridinschiefer geht so in sogenannten Kramenzalk über.

#### Die Sphärosideritlinsen und -Nieren in Tonschiefer

bieten hierfür auch gute Beispiele. Am meisten sind diese Sphärosiderite aus den Lebacher Schichten bekannt; doch da diese meist Einschlüsse von Fischleibern enthalten, so sind sie auch anderer Entstehung; wir werden später auf sie zurückkommen. R. Beck<sup>16)</sup> erwähnt das Vorkommen in den kambrischen Dachschiefern des Rocksberges zwischen Markt Göllitz und Gräfental im

<sup>16)</sup> R. Beck: Lehre von den Erzlagern. 2. Aufl. 1903. S. 63.

Thüringerwald, woselbst die Linsen bis 0,5 m groß werden. Die peripherischen Teile sind mit Pyritkrystallen imprägniert, die sehr schön die Schichtung des verdrängten Tonschiefers widerspiegeln. Im Zentrum sind gelegentlich Quarztrümmer eingeschlossen.

Die Knottenerze von Mechernich und Commern u. s. w.<sup>17)</sup>.

Die schichtigen Bleierze, die hier in festen Konkretionen (Bleiglanz) in gewissen Lagen des Buntsandsteins vorkommen, wurden in der Regel als syngenetisch bezeichnet. Nach Pošepny haben die starkdislozierten Sandsteinschichten aber von Klüften aus Stoffzufuhr erhalten.

E. Kohler versuchte sie durch Adsorption zu erklären, worauf wir später nochmals zurückkommen<sup>18)</sup>.

#### Der Kupferschiefer der Zechsteinformation.

Seit Freiesleben war die Ansicht einer syngenetischen Genesis des Kupferschiefers weit verbreitet. Doch seit Pošepny<sup>19)</sup> wird nun ebenso energisch die epigenetische Genesis vertreten.

Von den Erklärungsversuchen einer syngenetischen Genesis ist z. Zt. nur die später zu erwähnende Ansicht E. Kohlers, nämlich die Bildung durch Adsorption, aufrecht zu erhalten<sup>20)</sup>.

#### Das Huelva-Kiesfeld nach F. Klockmann.

Klockmann hält dies Kiesfeld für konkretionäre Ausscheidungen innerhalb eines mit den Bestandteilen des Pyrits geschwängerten, plastischen Tonschieferschlammes<sup>21)</sup>.

#### Die Manganzlagerstätten von Las Cabesses nach F. Klockmann.

Die in der Griotte (oberdevonischer Kalk) lagernden Erzmassen werden von Klockmann für Konzentrationen eines in dem ehemaligen Kalkschlamm primär anwesenden Mangangehalts angesehen, die sich schon während der Sedimentation der Griotte vollzogen haben<sup>22)</sup>.

<sup>17)</sup> R. Beck: Lehre von den Erzlagern. 2. Aufl. S. 519.

<sup>18)</sup> E. Kohler: Zeitschr. f. prakt. Geologie. 1903. S. 49.

<sup>19)</sup> F. Pošepny: Die Genesis der Erzlagern. 1895. S. 168.

<sup>20)</sup> a. a. O. S. 56.

<sup>21)</sup> F. Klockmann; d. Z. 1902. S. 113.

<sup>22)</sup> Zeitschr. f. prakt. Geologie. 1900. S. 265.

Die jurassischen Minetten Lothringens nach Villain, van Werveke u. A.

Fr. Villain<sup>23)</sup> vertrat in einer ausführlichen Arbeit über die Minettevorkommen im französischen Lothringen die Ansicht, daß die oolithischen Erze durch unter Meer mündende eisenhaltige Thermalquellen abgesetzt worden wären; die Quellen seien auf Spalten aufgestiegen. Für die deutschen Vorkommen konnte bisher die Wirksamkeit dieser „Failles nourricières“ nicht erwiesen werden.

Van Werveke vertritt die allgemein verbreitete Ansicht, wonach das Eisen vom Festlande her dem Meere durch Bäche und Flüsse zugeführt wurde und sich in verschiedener Form niedergeschlagen hat<sup>24)</sup>.

Hierher gehören selbstverständlich auch alle ähnlichen Vorkommen, als z. B. die eocänen Eisenoolithe von Kressenberg, Sonthofen in Oberbayern, die Eisenoolithe des Dogger in Württemberg, in Oberschlesien und der Schweiz, die Roteisenoolithe von Clinton etc.

Die glaukonitischen Eisenerze, also auch die Glaukonitschlammbildungen am heutigen Meeresgrunde sind ebenfalls hierher zu rechnen; sie sind syngenetischer Entstehung, aber die genaueren Einzelheiten des Bildungsvorganges sind zur Zeit noch unbekannt<sup>25)</sup>.

Die Bildung von Schwefeleisen am Grunde des Schwarzen Meeres nach Androussow u. s. w.

Die Bildung von Schwefelkies ist immer noch nicht als bekannt zu bezeichnen. Die weite Verbreitung dieses Minerals, z. T. als Erz in größerer Menge, gestaltet die Frage zu einer sehr wichtigen. Wir haben schon oben darauf hingewiesen, daß Klockmann das Kiesfeld von Huelva für eine syngenetische Bildung hält, ähnlich ist es sicherlich mit einer ganzen Reihe von Schwefelkiesvorkommen.

Die in manchen Tonschiefern sehr weit verbreiteten Schwefelkieskonkretionen verbieten in den meisten Fällen die Annahme einer epigenetischen Genesis. Ebenso die Schwefelkiesknollen aus den Ablagerungen des produktiven Karbons. Wenn auch die Konzentrationen des Schwefeleisens vielfach als epigenetische Erscheinungen aufzufassen sind, so muß die Bildung des Materials doch noch während der Bildung des betreffenden Sediments stattgefunden haben. Das Eisen-

sulfid war einstmals im ganzen Sediment ziemlich gleichmäßig verbreitet, das heißt jedenfalls wenigstens in denjenigen Lagen desselben, bei deren Sedimentation dieselben Bedingungen geherrscht haben.

Es liegen nun eine Reihe Beobachtungen vor, die uns die Genesis des Schwefelkieses klarzustellen imstande sind. R. Brauns und R. Beck haben eine Reihe solcher Daten zusammengestellt, ich kann daher mit dem Verweis hierauf hinweggehen<sup>26)</sup>. Es sollen hier nur eine Reihe dort noch nicht erwähnter, oder besonders interessanter Vorkommen Behandlung finden.

Die Ausführungen N. Androussows<sup>27)</sup> über Schwefelkiesbildung am Grunde des Schwarzen Meeres hat mein hochverehrter Lehrer Pompeckj auf die schwefelkiesführenden Schiefer des oberen Lias Schwabens, die Zone der Posidonomya Bronniangewandt<sup>28)</sup>.

Die Bronni-Schiefer Schwabens sind dünnblättrige, kalkhaltige, bituminöse, wenig fossilführende Schiefer. E. Fraas nahm nun an, daß untermeerische, vulkanische Exhalationen, etwa Solfataren, das Wasser im Posidonomyen-Schiefer-Meere vergifteten und die Benthosbewohner allmählich verdrängten, daß als weitere Folge, da schließlich keine niederen Tiere mehr am Boden des Meeres lebten, welche die niedergesunkenen Leichen von Nekton-Tieren aufarbeiten konnten, die Anhäufung von Bitumen sich ergab. Pompeckj hat klar erwiesen, daß solche, ganz allgemein als postvulkanische Erscheinungen aufgefaßten Exhalationen nicht stattgehabt haben können, da im Mesozoikum Süddeutschlands keine vulkanischen Ereignisse bekannt sind und diejenigen des Paläozoikums wohl zeitlich und räumlich zu weit entfernt liegen.

Sehr ausführlich hat Pompeckj alle Erscheinungen, die der Bronnihorizont bietet, berücksichtigt und kommt zum Schlusse, daß das Meer der Posidonomyen-Schiefer — bis bessere Vergleiche gefunden sind — als ein liassisches „Schwarzes Meer“ aufzufassen ist.

Die chemische Reaktion zwischen Meerwasser und zersetzer organischer Substanz und dem Eisen mariner Ablagerungen gibt Fingerzeige über die Bildung von Eisensulfid in mancher geologischen Periode und für die blaue Farbe so mancher Schiefer und anderer Gesteine.

<sup>23)</sup> Fr. Villain: Annales des Mines. Dixième Série. Mémoires. Tome 1. Paris 1902. S. 113. — Vergl. d. Z. 1902. S. 241.

<sup>24)</sup> Van Werveke: Zeitschr. f. prakt. Geologie. 1901. S. 396.

<sup>25)</sup> S. Walther: Einleitung in die Geologie. 3. S. 662.

<sup>26)</sup> R. Brauns: Chem. Mineralogie. S. 386. — R. Beck: a. a. O. S. 538.

<sup>27)</sup> N. Androussow: La mer noire. Guide des excursions du 7. congrès geolog. international. St. Petersburg 1897. No. 29.

<sup>28)</sup> J. F. Pompeckj: Geognost. Jahreshfte. 1901. 14. S. 185.

Am Grunde mancher Meeresteile entwickeln sich sogar ziemlich beträchtliche Mengen von  $H_2S$  durch Reduktion der im Wasser gelösten Alkali- und Erdalkalisulfate infolge des sich zersetzenden organischen Detritus, und genügend, um Metallsalze ausfällen zu können, so namentlich in den Tiefen des Schwarzen Meeres.

Das im frischen Meeressediment, zumal im Blauschlamm, enthaltene Meerwasser ist daher meist von ganz abnormer Zusammensetzung.

Wenn auf diese Weise in dem im Seesediment enthaltenen Meerwasser ein Teil oder die ganze Menge des Schwefels (im Seesalz) als Eisensulfid abgesetzt ist, entsteht die charakteristische blaue Farbe des Blauschlammes der Flachsee.  $H_2S$  entsteht, wenn nicht genügend Eisen vorhanden ist, um den Schwefel zu binden<sup>29)</sup>.

Es ist nun eine wichtige Frage, wie aus dem durch Fällung entstandenen  $FeS$   $FeS_2$  wird, der uns im Pyrit und Markasit entgegentritt.

Bakenell beobachtete an seinen Mäusen, die er in Eisenvitriollösung aufbewahrte, kleine Eisenkieskryställchen<sup>30)</sup>.

Forchhammer<sup>31)</sup> beobachtete an der Küste von Bornholm, wo faulende Fukusarten mit eisenhaltiger Quelle in Berührung kommen, gelbe Rinden von Schwefeleisen.

Eine interessante Beobachtung hat A. Hofmann - Příbram, nach liebenswürdiger brieflicher Mitteilung, gemacht. Ein großer Nagel, der in einen Baum hineingeschlagen worden war, ließ 48 Jahresringe erkennen. Die aufsteigenden Nährsäfte haben das Eisen angeätzt. Wichtig für die vorliegende Frage ist aber die Bildung von Schwefelkieskrystallen und -rinden.

Die im Nahrtsaft vorhandene Schwefelsäure hat allem Anschein nach das Eisen in Ferrosulfat verwandelt und die organische Substanz hat dieses wiederum zu Ferrosulfid reduziert und als Eisenkies auf dem Eisen niedergeschlagen. Dieses Schwefeleisen konnte dann wieder zersetzt und in Eisenhydroxyd umgewandelt werden, während der am Nagel zu beobachtende Pyrit unter einer Limonitkruste vor weiterer Zersetzung bewahrt blieb.

Den Übergang von Einfach-Schwefeleisen in Doppel-Schwefeleisen haben wir hier nicht festgehalten. Sicher ist nur, daß das erstere durch Fällung gebildet wird und daß wir

<sup>29)</sup> J. Walther: a. a. O. S. 661.

<sup>30)</sup> Fuchs: Die künstlich dargestellten Mineralien. S. 55.

<sup>31)</sup> Bischof: Lehrbuch der chem. Geologie. 1. Aufl. S. 926. 1847.

Schwefelkies als Produkt dieser Vorgänge beobachten.

Hier liefert uns die oben schon zitierte Arbeit von Androussow vorzügliches Beweismaterial:

Der Schlamm des tiefen Meeresbodens ist meist von zweierlei Art: der schwarze Schlamm auf den Böschungen (zwischen 540 bis 1290 m) und der dunkelblaue Schlamm des flachen Bodens des Meeres.

Der schwarze Schlamm der Böschungen, der sehr zäh und klebrig ist, wird sofort an der Oberfläche grau, sobald er der Luft ausgesetzt wird. Diese Verfärbung hängt von der Gegenwart von Einfach-Schwefeleisen ( $FeS$ ) ab, das sich sehr schnell an der Luft oxydiert. Unter dem Mikroskop zeigt sich die färbende Materie teils unter der Form kleiner isolierter Kügelchen, teils als Imprägnation zwischen den Sandkörnchen. Die Gegenwart solcher Kügelchen im Innern von Diatomeen bietet besonderes Interesse.

Durch Dredschen erhält man zuweilen in derselben Region Massen von blauem Schlamm, welcher zuweilen nagelförmige Konkretionen von Zweifach-Schwefeleisen ( $FeS_2$ ) enthält. Dieser Schlamm liegt wahrscheinlich unter dem schwarzen Schlamm.

Der dunkle, blaugefärbte Schlamm des tiefen Meeresbodens ist weniger dicht und umschließt viele Diatomeen, besonders pelagische.  $FeS$  findet sich auch hier, aber in geringerer Menge, verhüllt, wie es scheint, durch eine mehr oder minder beträchtliche Menge von  $CaCO_3$ , das feinkörnig ist und sich manchmal zu kleinen Klümpchen zusammenballt<sup>32)</sup>.

Die Bildung des Eisenkieses in Mooren gehört nicht hierher; wir werden später bei den Sekundärbildungen unter Mitwirkung von aufsteigenden Mineralquellen darauf zurückkommen. Jedenfalls zeigt sich aber auch hier, daß statt des durch die Fällung entstehenden  $FeS$  Schwefelkies in Krusten und konkretionären Massen vorkommt, wie ich solche in ziemlicher Menge in den Mooren von Marienbad und Franzensbad beobachtet habe.

Es dürfte also keinem Zweifel unterstellt sein, daß das Doppelt-Schwefeleisen aus dem Einfach-Schwefeleisen hervorgeht. Jedenfalls besteht die Umwandlung in der Aufnahme eines zweiten Schwefelatoms in das  $FeS$ -Molekül und scheint bei Gegenwart überschüssigen Schwefels vor sich zu gehen. Experimentell konnte ein solcher Übergang noch nicht nachgebildet werden.

<sup>32)</sup> a. a. O. S. 13. Übersetzt a. d. Französ.

### Die Sumpf-, Moor- und Seeerze (Eisenerze).

Die aus sehr verdünnten Eisenlösungen verschiedener Herkunft durch andersgeartete Minerallösungen, organische Substanzen oder durch Entweichen der Kohlensäure event. auch unter Mitwirkung von Bakterien gefällten Eisenmengen haben unter gewissen, hier nicht weiter zu behandelnden Umständen die Sumpf-, See- und Mooreisenerze (ebenso die sogen. Raseneisenerze) gebildet. Diese Erze haben für uns ganz besonderes theoretisches Interesse, da Hj. Sjögren<sup>33)</sup> und J. H. L. Vogt<sup>34)</sup> nachgewiesen haben, daß die Eisenerzlager innerhalb der krystallinen Schiefer jedenfalls aus lakustrischen oder terrestrischen, höchstens litoralen Gebilden hervorgegangen sind, die, unter Mitwirkung von pflanzlicher Substanz, aus verdünnten Eisenlösungen ausgeschieden wurden.

Uns interessiert hier nicht die Genesis besonders, sondern vor allem die sekundären Konzentrationen, die in diesen Erzen vor sich gingen.

Nach Stapff<sup>35)</sup> konzentriert sich das Erz um Wurzeln verfaulte Baumstämme u. s. w. in Form unregelmäßiger Klumpen mit zerfressener Oberfläche. Die Erze bilden z. T. kompakte Nester, teils kleinere oder größere Körner, Kugeln und Scheiben; allen Formen ist das gemeinsam, daß sie teils und hauptsächlich aus einem harten, amorphen, dunkelbraunen, harzglänzenden Material zusammengesetzt sind, teils aus einem loseren, wenig zusammenhängenden, graugrünen, gelben, braunen oder schwarzen Ocker, der die Höhlungen der schlackenartigen Klumpen ausgefüllt oder in ihnen Schichtung veranlaßt. Gelegentlich sind die Erze oolithisch, konzentrisch-schalig aufgebaut. Auch Vivianit konzentriert sich in diesen Erzen. An der Basis des Lagers reichern sich die Eisenerze in den obersten Lagen der liegenden Sande an<sup>36)</sup>.

Sehr interessant sind die Brauneisensteinkonzentrationen in den Mooren von Marienbad. Allenthalben lagern eisenreichere Knollen im Mineralmoor. In den obersten Lagen desselben treten kleine, feste Konkretionen von Brauneisen (rezente Bohnerze) auf, die das Moor stellenweise ganz durchsetzen.

<sup>33)</sup> Hj. Sjögren: Om de svenska jernmalmlagrens genesis. Geol. fören. i Stockholm förh. 13. 1891. S. 373.

<sup>34)</sup> J. H. L. Vogt: Salten og Ranen. Kristiania 1891. Norges geologiske undersøgelse 1 (deutsch. Resumé). Referat s. d. Z. 1894. S. 30—34.

<sup>35)</sup> F. M. Stapff: Über die Entstehung der Seeerze. Z. d. d. geol. Ges. 1866. 18. S. 86 ff. Vergl. d. Z. 1894. S. 31. Anm. 3.

<sup>36)</sup> Van Bemmelen: Z. f. anorganische Chem. 1900. 22. S. 313. Vergl. d. Z. 1903. S. 37.

### C. Durch Stoffumlagerungen und Zersetzungs- vorgänge während der Bildung eines Sediments.

Bildung der Manganknollen des Challenger. Die Mangan-, Kalk- und Baryt-Knollen am Grunde der Tiefsee.

Die Produkte submariner oder terrigener vulkanischer Eruptionen bilden das Material des Tiefseeschlamm. In diesem Schlamm bilden sich, wie wir schon gesehen haben, in großer Anzahl um gewisse Attraktionspunkte herum, Knollen von verschiedener Gestalt und Größe. Vor allem handelt es sich um Manganknollen. Die Gegenwart eines Kernes, die äußere Form und die innere Struktur der Knollen beweist eine Entstehung als Konkretion. Sie bestehen bekanntermaßen nicht aus Manganoxiden allein, sondern nur zu 2 bis 63 Proz., während Eisenoxyd mit 6 bis 45 Proz. sich vorfindet und  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$ ,  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  u. s. w. den Rest ausmachen.

Die Oxyde des Eisens und Mangans sind in hohem Grade durch die Eigenschaft ausgezeichnet, auch besonders in ihren mit Ton verunreinigten Varietäten, knollige, traubige und nierenförmige Gestalten anzunehmen. In plastischer oder von Feuchtigkeit durchsetzter Masse beginnt das Absetzen gewöhnlich um eine feste Substanz herum. Der erste Niederschlag verursacht anziehende molekulare Wirkung auf Stoffe gleicher Natur, die sich im Wasser der angrenzenden Lagen des Sediments befinden. Da diese konkretionären Bildungen während ihres Wachstums notwendiger Weise umgebende tonige Substanz umfassen, die ihrerseits organische und unorganische Bestandteile enthält, so ist es augenscheinlich, daß diese dem Körper der Knollen einverleibt werden. Die fremden Materialien, die so mechanisch eingeschlossen werden, verursachen Zonen von lichterem Farben, welche mit dunkleren da abwechseln, wo das Mangan reiner und fester ist.

Die zonenförmige Verteilung der Substanzen läßt deutlich erkennen, daß das Mangan zu gewissen Zeiten schneller und reichlicher abgeschieden wurde, die detritische Anordnung aber ebenso deutlich, daß der einmal begonnene Niederschlag während der Knollenbildung nicht zum Stillstand gekommen ist. Ein Wechsel in der niedergeschlagenen Manganmenge würde mit dem wechselnden Gehalt an Kohlensäure in Verbindung zu bringen sein oder sich durch neu hinzugekommenes vulkanisches Material erklären lassen. Alles scheint darauf hinzuweisen, daß diese Konkretionen außerordentlich langsam wachsen und daß während ihrer Bildung der Zustand der Lösungs-

Agentien Veränderungen erfährt<sup>37)</sup>. Wir schließen uns dem Erklärungsversuch von Murray<sup>38)</sup> an, wonach es sich hier einfach um Konzentrationserscheinungen handelt. Die Challenger fand (siehe Station 252) die Eisen-Manganknollen dort, wo der rote Ton, dem sie eingebettet waren, hellgefärbt war und so nur noch Spuren von Mangan und Eisen enthielt. Sonst ist das Sediment bei größter Häufigkeit der Knollen von schokoladebrauner Farbe, die es der ungeheuren Anzahl kleinster Mangankörnchen verdankt, welche dem Sediment als Pigment dienen und die für das Ausgangsmaterial der am Meeresgrunde vor sich gehenden Umwandlungen zu betrachten sind.

Wenn man die bemerkenswerte örtliche Konzentration des Mangans in gewissen Teilen des Ozeans in Betracht zieht und die veränderten vulkanischen Materialien, die dort die Knollen begleiten, so kann dieses Zusammentreffen an der Quelle des Mangans keinen Zweifel lassen, sie muß in diesen zerfallenden vulkanischen Gesteinen gesucht werden. Dafür bringen die Analysen dieser Tiefseekonkretionen noch einen Beweis durch ihren geringen Baryum-Gehalt. Während dies Element als häufiger, manchmal überreicher Bestandteil in terrestrischen, manganhaltigen Mineralien und selbst in Knollen terrigener Sedimente auftritt, deren Abstammung von der Einwirkung des Wassers auf ältere Gesteine z. T. erwiesen ist, so muß es hier sehr in den Hintergrund treten, da Baryum in den jungvulkanischen Gesteinen nur in Spuren enthalten ist, wenn es nicht ganz fehlt.

Ähnlich haben sich auch die Mangankonkretionen früherer geologischer Perioden gebildet. Auf die weiteren Eigenschaften und das Vorkommen der Manganknollen gehen wir hier nicht ein, sondern verweisen auf die sehr reichhaltige Literatur<sup>39)</sup>.

Außer diesen sogen. Manganknollen kommen am Grunde der rezenten Meere noch kalkige Konkretionen und sonderbarerweise auch solche mit 75 Proz. BaSO<sub>4</sub> vor; allerdings sind die letzteren nur einmal von Jones bei Colombo in einer Tiefe von 1234 m beobachtet worden<sup>40)</sup>. Die ersteren

<sup>37)</sup> P. Fischer: Sedimentbildung am heutigen Meeresboden. S. 51 ff.

<sup>38)</sup> M. Murray und Renard: Report ou Deep-sea-Deposits u. s. w. Stat. 252. (Challenger.)

<sup>39)</sup> Neben Gümbel siehe Walther a. a. O. S. 700 und Murray-Irvine: „On the manganese oxides and nodules in marine deposits“. Trans. of the Roy. Soc. of Edinburgh. Vol. 37. 1894 u. s. w.

<sup>40)</sup> Jones: Record. geolog. Survey of India. 21. 1. S. 35.

sind sicher als Konzentrationen des Kalkgehalts des glaukonithaltigen Blauschlammes, in dem sie vorkommen, zu betrachten; über die Bildung der letzteren ist nichts zu sagen, da über die Lagerungsverhältnisse u. s. w. nichts bekannt ist.

Die Phosphat-Konzentrationen am Grunde rezenter Meere, die Phosphorite des Leipziger Mitteloligocäns nach H. Credner, die kretacischen Phosphorite Belgiens u. s. w.

Die Walknochen<sup>41)</sup> und Fischzähne des mittleren Pacific und die Manganknollen, welche man um organische Kerne ausgeschieden fand, enthalten häufig beträchtliche Mengen von phosphorsaurem Kalk. In Globigerinenschlick und anderen organischen Sedimenten ist gewöhnlich ein Phosphatgehalt geringer als 1 Proz. nachweisbar, während derselbe nach den kontinentalen Küsten zu größer wird. Auch Glaukonit enthält oft phosphorsaurer Kalk.

Die Phosphatkonkretionen finden sich in der Nähe kontinentaler Küsten in Tiefen von 180—3430 m. Sie haben einen Gehalt von 20—24 Proz. Phosphorsäure. Es scheint auch, daß sie an solchen Küsten häufig sind, wo durch die Mischung kalter und warmer Meeresströmungen das Wasser starken und raschen Temperaturveränderungen unterworfen ist. Es ist sehr wahrscheinlich, daß an solchen Stellen große Mengen pelagischer Tiere oft durch diesen Temperaturwechsel getötet wurden und so ein ausgedehntes Lager sich zersetzender organischer Stoffe am Meeresboden bilden. Die Bedingungen zur Bildung abwechselnder Schichten mit und ohne Phosphatknollen können leicht eintreten.

Die den Schlamm oder Schlick imprägnierende Phosphatmasse mag man direkt von sich zersetzenden Knochen und Tier-schalen ableiten, auf welche Kohlensäure eine mächtig lösende Wirkung ausübt. Das gleichzeitig bei der Oxydation stickstoffhaltiger Substanzen der Knochen im Grundschlamm entstehende Ammoniak oder die sich bildenden Ammoniumsalze geben im Wasser, das freie CO<sub>2</sub> enthält, eine Lösung, die überaus geeignet ist, den gelösten phosphorsaurer Kalk wieder auf einem Kern oder in einem Schalengehäuse niederzuschlagen<sup>42)</sup>.

Hierbei bilden sich Alkali- und Ammoniumphosphate, die ihrerseits auf den Kalk der Muschelschalen, Korallen u. s. w. metamorphisch einwirken. Die Phosphatmasse

<sup>41)</sup> Murray und Renard: Challenger deepsea deposits. S. 391.

<sup>42)</sup> Siehe Anm. 37.

wächst mit der Zeit aus der Schale heraus, nebeneinander liegende Konkretionen verschmelzen miteinander, und so kommt es zur Bildung von Knollen von beträchtlicher Größe. Ganz ebenso dachten sich Renard und Cornet<sup>43)</sup> die Entstehung der Phosphoritkonkretionen in der oberen Kreide Belgiens und Frankreichs. Das aus den Knochenfragmenten der Sedimente stammende Kalziumphosphat konzentriert sich um gewisse Attraktionspunkte. Als solche wirkt vor allem die im Sediment enthaltene organische Substanz. Ist einmal eine minimale Ausscheidung erfolgt, so wächst diese im Verhältnis der in ihre Attraktionssphäre gelangenden Phosphatlösung allmählich weiter, um lange nach Absatz der Schichten zu größeren Konkretionen herangewachsen zu sein.

Nicht so einfach war die Bildungsweise der Phosphoritknollen des Leipziger Mitteloligocäns nach H. Credner<sup>44)</sup>.

Zur Entstehung der Leipziger Phosphoritknollen genügte eine einfache Umlagerung des aus den Knochenteilen ausgezogenen Kalziumphosphats nicht, vielmehr muß dessen Ausscheidung auf der Mitwirkung einer Lösung des Kalziumkarbonates der Konchylienschalen beruhen, wodurch sich erst deren konstante Aufzehrung im Kerne der werdenden Phosphoritknollen und das Gebundensein der letzteren an die Negative jener Schalen erklärt. Der kohlen saure Kalk der Schalen wurde aufgelöst, aber nicht pseudomorph durch Kalkphosphat ersetzt, sondern gelangte zusammen mit dem durch die Einwirkung von kohlen saurem Ammonium auf die Fischskelette des Sandes erzeugten Ammoniumphosphat in Mischung; dies geschah in der Umgebung der das Kalziumkarbonat liefernden Muschelschalen oder der das Ammoniumphosphat liefernden Fischreste. Die Fällung war in beiden Fällen dieselbe; beiderseits gelangte Kalziumphosphat zur Ausscheidung, welches den oligocänen Sand zu phosphorischen Knollen verkittete.

Credner hat eine dankenswerte Übersicht über die Verbreitung des Phosphorits im Jura, in der Kreide, im Diluvium und Alluvium Norddeutschlands gegeben, woraus ein Rückschluß auf die Bedeutung der Frage nach der Genesis des Phosphorits zu ziehen ist. —

<sup>43)</sup> Renard et Cornet: Recherches micrograph. sur la nature et l'origine des roches phosphatées. Bull. de l'acad. r. Belgique. Ser. 3. S. 21. Bruxelles. 1891. S. 126.

<sup>44)</sup> H. Credner: Abh. d. math.-phys. Klasse d. sächs. Ges. d. Wiss. 22. No. 1. 1895. S. 1 bis 48. M. Tafel. Referat d. Z. 1895. S. 462. Verf. hatte die Güte mir Untersuchungsmaterial zur Verfügung zu stellen, für was ich ihm auch an dieser Stelle herzlichst danke.

Die Ergänzung der Arbeit Credners wurde auf dessen Anregung von L. Krufft ausgeführt und behandelt die Phosphoritführung des vogtländischen Obersilurs und die Verbreitung des Phosphorits im Altpaläozoikum Europas<sup>45)</sup>. Zum Unterschiede von dem letztgenannten Beispiele war aber die Phosphatisierung der jetzt von den Knollen fossil umschlossenen organischen Hartteile die erste Veranlassung zur Bildung der Konzentrationen. Erst durch den Vollzug dieser Pseudomorphose wurden die organischen Reste zu Attraktionspunkten für das im Meerwasser in Spuren vorhandene Kalziumphosphat.

Gautier hat experimentell die Bildung von Kalkphosphat durch Einwirkung von Ammoniumphosphat auf Kalziumkarbonat nachgewiesen. Über dieses und ein sehr interessantes, gleichfalls von Gautier bekanntgegebenes Beispiel rezenter Phosphoritbildung ist nachzulesen bei R. Brauns, a. a. O. S. 391ff.

#### *D. Durch gegenseitige Fällung von lokal zugeführten Metallsalzen und einer suspendierten Trübe durch Adsorption.*

E. Kohler<sup>46)</sup> hat darauf hingewiesen, daß nicht nur, wie es in der Chemie bekannt ist, feine Suspensionen durch gelöste Salze zur Ballung und Fällung gebracht werden können, sondern daß auch die suspendierte Trübe durch Adsorption Metallsalze bzw. Metalloxyde fällt. Er hat durch Versuche mit verschiedenen Elektrolyten den Beweis erbracht. Wie schon erwähnt, versuchte Kohler diese Erfahrung auf die Erklärung der Genesis des Kupferschiefers praktisch anzuwenden und bringt auf diese Weise die alte Ansicht von der syngenetischen Entstehung wieder auf. Wenn uns allerdings die große Bedeutung der Adsorption für die Lagerstättenfrage sicher erscheint, so ist diese Anwendung dieser Erscheinung noch erst durch weitere Untersuchungen zu belegen, bevor sie höhere Bedeutung erlangen kann. Die Frage nach der Genesis des Kupferschiefers dürfte, wie diejenige so mancher anderer Lagerstätten, als noch nicht befriedigend gelöst betrachtet werden.

#### *E. Die Entstehung chemischer Sedimente durch Austrocknen von durch Barrren vom Meere abgeschnittenen Buchten (Lagunen) oder infolge des Steigens der Konzentration des Wassers abflusloser Depressionen.*

Die Salzlager-Theorie von Ochsénus.

Diese Theorie ist viel zu bekannt, um hier erörtert werden zu müssen. Der Begründer derselben hat in einer ausführlichen

Arbeit: Über die Bedeutung des orografischen Elementes<sup>47)</sup> „Barre“ u. s. w. seine Ansichten in ausführlicher Weise dargestellt. Die Polemik mit J. Walther<sup>48)</sup> hat die Bedeutung der „Barre“ festgelegt. Wir erkennen in den Salzlagern, Gipsstöcken und allen chemischen Sedimenten, seien sie nun nach Ansicht von Ochsenuis oder nach der von Walther entstanden, örtliche Konzentrationen von Mineralsubstanz; die chemischen Sedimente sind für die vorliegende Frage von noch besonderem Interesse, da in ihnen sekundäre Konzentrationen weit verbreitete Erscheinungen sind.

Der Gips, besonders im Keuper, tritt als Konkretion sehr oft auf, und wo sich diese Fremdkörper zusammenscharen, da entstehen ganze Gipsbänke.

Die Lagunengipse nach Lacroix.

Nach Lacroix<sup>49)</sup> sind die Gipse der Gegend von Paris auf dreierlei Weise entstanden. Einmal durch Verdunsten von Meerwasser in Lagunen; zweitens aus verwitterndem Schwefelkies in Sedimenten; drittens durch Umkrystallisation der beiden ersteren. Die nach 1 entstandenen Krystalle sind syngenetisch; die nach 2 und 3 entstandenen sind epigenetisch. Nur die ersteren finden hier Besprechung. Die oligocänen Lagunengipse haben dieselbe Krystallform wie diejenigen, die sich heute unter denselben Umständen bilden. Ihre Bildung ist sehr einfach; sie krystallisieren aus der durch Eintrocknen des Meerwassers entstandenen Salzlage aus.

Das einschrumpfende aralokaspische Meer hinterließ auf dem trockengelegten Seeboden eine Anzahl von flachen Wassertümpeln, gefüllt mit einer immer konzentrierter werdender Salzsole. Indem der Dünsand transgredierend über den einstigen Seeboden hinwegschritt, versandeten die eindampfenden Salzseen und bildeten zwischen dem hangenden äolischen Sand und den liegenden Seetonen einen Horizont von Salz und Gipslagern<sup>50)</sup>.

<sup>45)</sup> L. Kruff: N. Jahrbuch f. Min. Beilageband 15. 1902. S. 1—65. Referat d. Z. 1902. S. 301.

<sup>46)</sup> E. Kohler: a. a. O. S. 56.

<sup>47)</sup> Z. f. prakt. Geol. 1893. S. 189 ff. C. Ochsenuis: Die Bildung der Steinsalzlager usw. Halle 1877 und N. Acta Leopold. 1878. S. 123. Bd. 40.

<sup>48)</sup> J. Walther: a. a. O. S. 658. Zentralbl. f. Mineralogie. 1903. S.

<sup>49)</sup> A. Lacroix: Bullet. soc. franç. de min. 20. p. 288/308. 1897 und dass. 21. p. 39,44. 1898.

<sup>50)</sup> R. Delkeskamp: Z. f. Naturwiss. 75. S. 207 ff. J. Walther: Das Gesetz der Wüstenbildung u. s. w. Berlin. 1900. S. 129.

*F. Konzentration von Mineralsubstanz durch sukzessiven Absatz aus Mineralquellen.*

Durch die verschiedene Fällbarkeit der in einer Minerallösung enthaltenen Stoffe können die letzteren beim Fließen des Wassers räumlich voneinander getrennt zum Absatz gelangen. Die oberflächlichen Absätze von Mineralquellen sind für die Bildung mancher Minerale von besonderer Bedeutung. Im Kessel von Wehr, in der Nähe des Laachersees, bilden sich so durch oxydierende Fällung große Mengen von Eisenocker<sup>51)</sup>. Wegen der verschiedenen Fällbarkeit von Eisen und Mangan kann dieselbe Quelle Eisenerze und Manganerze räumlich voneinander getrennt zum Absatz bringen. Ich habe diesen Erscheinungen in meiner Arbeit über die Thermalquellen von Wiesbaden u. s. w. ein besonderes Kapitel gewidmet und kann mich daher hier kurz fassen.

### III. Sekundäre Konzentrationen. Sekundärbildungen.

Von entschieden größter Bedeutung für die Lagerstättenlehre und die Lithogenesis sind die sekundären, nach erfolgter Sedimentation entstandenen Konzentrationen.

Zuerst sind hier jene örtlichen Konzentrationen zu besprechen, die ein einstmals im Sediment gleichmäßig verbreiteter Stoff um gewisse Attraktionspunkte erfährt.

Die zur Konzentration gelangten Stoffe können aber auch erst nachträglich dasselbe imprägniert haben.

*A. Der zur Konzentration gelangte Stoff war von Anfang an im Sediment gleichmäßig verbreitet oder entstand durch nachträgliche Oxydation oder Reduktion eines solchen.*

1. Die Konzentration fand statt in einem Sediment in frischem Zustande und auf primärer Lagerstätte.

Bildung von Eisenanreicherungen in Sedimenten: Eisenreiche Lagen im Buntsandstein, im nubischen Sandstein, im Eisensandstein der Kreide.

Im untersten Buntsandstein des Odenwalds, des Spessarts u. s. w. an der Oberfläche des Schieferlettens desselben, sind Brauneisenschalen sehr verbreitete Erscheinungen. Die Letten bilden einen Quellenhorizont, da sie für Wasser fast undurchlässig sind. Die Sandsteinbänke des oberen und mittleren Buntsandsteins durchfließenden Wasser geben hier im Hangenden des Lettens ihren Eisengehalt ab. Es bilden

<sup>51)</sup> R. Brauns: Chem. Mineralogie. S. 354.



sich so gelegentlich ziemlich reiche Ablagerungen. Auf Blatt Bieber (nordwestlicher Spessart) schaltet sich so zwischen Bröckelschiefer und den aus Sandstein bestehenden höheren Niveaus des Buntsandsteins, als scharfe Grenze, eine Bank von Rot- und Brauneisenschalen oder stark eisenhaltigen roten und braunen Schiefertönen, die eine wechselnde in der Regel  $\frac{1}{3}$  m einhaltende Mächtigkeit aufweisen. Sie sind an verschiedenen Stellen aufgeschlossen und wurden dort, wo sie eine größere Mächtigkeit erreichen, versuchsweise abgebaut.

So waren die Eisenanreicherungen am Bichling, südlich Schnepfenbach, Gegenstand der bergmännischen Gewinnung<sup>52)</sup>.

Im Hauptbuntsandstein der Gegend von Kaiserslautern treten in den grobkörnigen Lagen lagerförmige Ausscheidungen von Braun- und Roteisenstein, stellenweise in beträchtlicher Menge auf. Bei den sogenannten Erzhäusern, unfern K., kommen solche Eisenerze lagerweise so reichlich vor, daß früher darauf ein lebhafter Bergbau getrieben wurde.

Im nubischen Sandstein der lybischen Wüste sind Eisen- und Manganreicherungen eine weit verbreitete Erscheinung. Auch hier hat sich der ursprüngliche Eisengehalt an manchen Stellen örtlich konzentriert (so z. B. am Wadi Nasb und Chalig).

Dasselbe gilt auch von dem sogenannten Eisensandstein des Doggers in Schwaben. In der von Sandstein gebildeten Stufe der Ludwigia Murchisonä sind namentlich die oberen Lagen stark eisenschüssig. Der primäre Eisengehalt ist auch hier örtlich stark angereichert.

#### Bildung von Kalkkonzentrationen in Sedimenten.

Im festen alten Nilschlamm treten eine Menge toniger Kalknollen auf, die in der Größe zwischen der einer Erbse und  $\frac{1}{4}$  Kubikfuß schwanken. In der Mitte enthalten sie meist leere Drusenräume, deren Wände mit mikroskopischen Krystallen von Kalkspat bekleidet sind. Russeger<sup>53)</sup> hielt sie schon s. Zt. für zweifellose Ausscheidungen des primären Kalkgehalts des Mergels durch einen unvollkommenen Krystallisationsprozeß. Ganz ähnliche Bildungen werden auch aus den alten Gangesabsätzen beschrieben<sup>54)</sup>.

Garwood gibt aus den Septarienmergeln von Sunderland und South Shields dolomi-

tische Septarien bekannt und die Gebilde, die den mitteloligocänen Rupeltonen den Namen des Septarientones gegeben haben, gehören hierher. Auch die Septarien sind Konzentrationen von Kalksubstanz, die vorher im Tone gleichmäßig verbreitet war.

#### Bildung der Kieselknollen der Kreide nach Hanssen.

In den Feuersteinknollen der Kreide sind sekundäre Konzentrationen von Kieselsäure zu erblicken. Es herrscht noch nicht völlige Klarheit über die Genesis der Kieselknollen. Es darf aber wohl angenommen werden, daß die meisten Vorkommen syngenetische Bildungen sind. Sie werden aber doch hier besprochen, da die Annahme einer epigenetischen Genesis noch sehr weit verbreitet. Obwohl es vielfach bestritten wird, dürfen manche Feuersteinknollen als Spongien betrachtet werden; doch in der Regel sind sie nichts anderes als diagenetische Konkretionen im Sinne von Walther<sup>55)</sup>. Die Kieselsäure konzentrierte sich um irgendwelche organische Reste. Steinkerne von Ananchytes sind sehr verbreitet und an ihnen ist deutlich zu erkennen, daß die Kieselsäurelösung erst den Hohlraum auskleidet, dann aus Mund- und Afterlücke herauswächst und endlich auch die äußere Oberfläche des Seeigels umhüllt. Die gangartige Form so mancher Feuersteinausscheidungen sowohl wie der Einschluß von verkiesten benthonischen Foraminiferen sprechen dafür, daß schwache Kieselsäurelösungen die Kreideschichten durchtränkt haben und an einigen Stellen zur Ausfällung kamen.

Nach den neuesten Darlegungen von Hanssen entstammt die Kieselsäure der Feuersteinkonkretionen in erster Linie Spongien, in geringer Menge Radiolarien und Diatomeen. Diese Organismen sind bei der Bildung ihrer Kieselskelette u. s. w. nicht auf die geringe Menge  $\text{SiO}_2$  beschränkt, die sich im Meerwasser gelöst befindet, sondern sie sind imstande, Silikate zu zerlegen und aus Schlamm die darin enthaltene  $\text{SiO}_2$  auszuscheiden. Murray und Irvine haben in künstliches Meerwasser Diamoteen gesetzt und gefunden, daß sie bei Gegenwart von Kieselgallerte oder fein verteiltem Schlamm gut gediehen. Fehlten diese kieselsäurehaltigen Materialien, so starben sie bald. Sie müssen also imstande sein, die Kieselsäure aus dem Schlamm aufzunehmen. Durch die sich zersetzende organische Substanz werden aus den Alkalisulfaten des Meerwassers Alkalisulfide

<sup>52)</sup> H. Bücking: Erläuterungen zu Blatt Bieber d. preuß. geol. K. S. 39.

<sup>53)</sup> Russeger: Neues Jahrbuch für Min. 1838. S. 300.

<sup>54)</sup> J. Walther: Lithogenesis der Gegenwart. S. 704.

<sup>55)</sup> J. Walther: Einleitung in die Geologie. Bd. 2. S. 710.

gebildet, die ihrerseits die Alkalisilikate zersetzen und lösliche Kieselsäure in Freiheit setzen, die dann im Innern der Schalen u. s. w. aufgespeichert wird. Von den auf den Meeresboden niederfallenden Kieselnadeln u. s. w. wird der weitaus größte Teil wieder aufgelöst, zumal da die Kieselsäure organischen Ursprungs unter den am Meeresgrunde herrschenden Bedingungen (die von Challenger nachgewiesenen Kohlensäureansammlungen; event. auch  $H_2S$ ) wieder aus der Lösung von neuem gefällt. Die ausgeschiedenen Kieselsäureflockchen schweben im Wasser und setzen sich schließlich an irgend einem Körper fest, um weitere Kieselsäuresubstanz anzuziehen und Knollen verschiedener Größe zu bilden. Gelegentlich wurden Fragmente von Spongien u. s. w. umhüllt; in vielen Fällen wurden aber auch solche Skelette umschlossen, die noch keine Auflösung oder Zerstörung erlitten haben, sodaß in dem Knollen noch das vollständig erhaltene Spongiengewebe vorhanden ist<sup>56)</sup>. Bei Seeigeln u. s. w. handelt es sich aber auch öfters um Hohlräumeausfüllungen, die epigenetischer Entstehung sind, also nach erfolgter Sedimentation entstanden sind.

Die Hornsteinknollen in den Kalken des weißen Jura dürfen wohl als primäre Gebilde aufgefaßt werden; sie stellen mithin örtliche Konzentrationen von Kieselsäuresubstanz während der Sedimentation des Kalkes<sup>57)</sup> dar.

2. Die Konzentration fand statt in dem Verwitterungsresiduum eines Gesteins; gelegentlich während der Bildung desselben.

a. Anreicherungen im Verwitterungston von Kalken.

Konzentrationen im Verwitterungston des mitteldevonischen Stringocephalenkalkes.

Ich habe im Jahre 1900 versucht<sup>58)</sup>, die Genesis der Manganeisensteinvorkommen des Odenwalds, Oberhessens und des Lahntals durch Verwitterungsprozesse zu erklären, wie dies vorher C. Chelius in den betr. Aufnahmeblättern des Odenwalds getan<sup>59)</sup>. Im Jahre darauf habe ich hier diesen Gegenstand

<sup>56)</sup> J. Walther: Einleitung in die Geologie. Bd. 2. S. 710 und H. Hanssen: Die Bildung des Feuersteins in der Schreibkreide. Ing.-Diss. Kiel. 1901. S. 48.

<sup>57)</sup> Auch in der paläontolog. Literatur so aufgefaßt. Siehe Pompeckj: Geognost. Jahreshfte. 1902. S. 68.

<sup>58)</sup> Delkeskamp: Notizblatt des Vereins für Erdkunde u. d. Größ. hess. geolog. Landesanstalt 1900. 4. Folge. 21. S. 73.

<sup>59)</sup> C. Chelius: Blatt Brensbad.

ausführlicher behandelt, wobei auch die einschlägige Literatur angegeben wurde<sup>60)</sup>. Die Manganerzvorkommen der Lindner-Mark bei Gießen und die andern Vorkommen Oberhessens wurden eingehend behandelt.

Es wurde nun verschiedenlich geltend gemacht, daß es doch sehr gewagt sei, bei einem so geringen primären Eisengehalt des frischen Kalkes eine so mächtige Anhäufung eines Verwitterungsresiduums anzunehmen. Es müßten jedenfalls ungeheure Massen von Kalkstein der Verwitterung anheimfallen, um so viel Manganmulm zu liefern.

Da diese Theorie auch auf einige amerikanische Erzvorkommen angewandt wurde, verdient sie allgemeineres Interesse<sup>61)</sup>.

E. Kohler<sup>62)</sup> hat in seiner Arbeit über Lagerstätten ganz ähnlicher Art in der Gegend von Amberg i. B. betont, daß nur dann die Annahme einer Entstehung durch Verwitterung zulässig sei, wenn das Verhältnis der unlöslichen Stoffe, insbesondere des Tones zu  $Fe_2O_3$ , sich nicht wesentlich geändert hätte. Von einigen lokalen Konzentrationen abgesehen, die sich im kleinen abspielen und zur Bildung von Tonlagen und Eisennieren führen, müßte das Verhältnis, in dem  $(Al_2O_3 + SiO_2)$  und  $(MnO_2 + Fe_2O_3)$  im frischen, unverwitterten Kalk sich finden, auch im Verwitterungsresiduum desselben erhalten bleiben.

Kohler verglich auf dieses Verhältnis hin die Analyse Amberger Eisenerze und solche damit genetisch zusammenhängender Kalke und fand, daß nur bei einigen Erz- und Farberdeputzen das Verhältnis nahezu konstant blieb. Es folgen hier die Gehalte der fraglichen Kalksteine an  $(Fe_2O_3 + MnO_2)$  und an  $(Ton + SiO_2)$  verglichen mit denjenigen der Farberden:

|          |          |           |
|----------|----------|-----------|
| 1. . . . | 0,31 : 1 | 0,60 : 1  |
| 2. . . . | 0,44 : 1 | 0,42 : 1  |
| 3. . . . | 0,10 : 1 | 0,30 : 1  |
| 4. . . . | 0,26 : 1 | 0,27 : 1  |
| 5. . . . | 0,60 : 1 | 0,27 : 1. |

Untersuchen wir nun auch in dieser Hinsicht die von mir s. Zt. bearbeiteten Vorkommen der Lindner-Mark, Ober-Roßbach u. s. w., so werden wir keine so günstigen Resultate erhalten.

Bei den genannten Vorkommen handelt es sich auch nicht um Erze von irgendwie gleichmäßigem Charakter, sondern die 1 bis

<sup>60)</sup> Delkeskamp: Z. f. prakt. Geologie. 1901. S. 356.

<sup>61)</sup> T. C. Hopkins: Cambro-Silurian Limonite ores. Bull. Geol. Soc. Am. 11. S 500—501. Das. auch weitere Lit.

<sup>62)</sup> E. Kohler: Die Amberger Erzlagerstätten. Geognost. Jahresh. 15. 1902. S. 1—50.

6 m mächtigen Lager bestehen aus manganhaltigem Brauneisenmulm, in dem einzelne größere und kleinere Nester und Knollen von reinem Pyrolusit und Psilomelan eingelagert sind.

In früheren Zeiten, in denen man die mulmigen Erze nicht zu verwerten vermochte, mußten die festen Brocken durch nasse Aufbereitung vom Mulm getrennt werden<sup>63</sup>). In dem Mulm, in dem örtliche Konzentrationen von z. T. reinem und festem Pyrolusit und Psilomelan entstanden sind, verhalten sich  $(\text{MnO}_2 + \text{Fe}_2\text{O}_3) : (\text{Ton} + \text{SiO}_2)$  wie ca.  $(50-40) : (50-60 \text{ Proz.})$  — also durchschnittlich  $(45 : 55 \text{ Proz.})$  —. In den Kalken der Lindner-Mark ist nach den von mir früher gegebenen Analysen, die hier nur mit der Angabe der uns besonders interessierenden Bestandteile folgen sollen:

$$(\text{MnO}_2 + \text{Fe}_2\text{O}_3) : (\text{Ton u. s. w.}) = 0,20 : 0,15 \\ \text{und } 0,40 : 0,44.$$

Im Dolomit dagegen:

$$1 : 2 = 2,2 : 0,2 \quad 8 : 5,4 \quad 19 : 14,4.$$

In den Manganeisenmulmen ist also das Verhältnis nicht nur dasselbe geblieben, sondern infolge der Erzkonzentrationen ist der Tongehalt prozentualisch gestiegen. Allerdings werden diese Zahlen schon der Korrektur bedürfen, da die Erzkonzentrationen im Mulm keineswegs seltene Erscheinungen sind. Die Stückerze häufen sich gelegentlich stark an, um aber an anderen Stellen wieder selten zu werden. Gelegentlich ist das Lager ganz blauschwarz gefärbt vom vorherrschenden Pyrolusit. An anderer Stelle, so in der Südwestecke des größten (mittleren) Tagebaues, stehen dunkelbraune Tone an, die ganz mit kleinen Mangankonkretionen gefüllt sind. Es erinnert in gewissem Sinne an manche Eisenerze in der Terra rossa des Karstes oder gewisse schwäbische Bohnerze. In dem östlich des Verwaltungsgebäudes gelegenen Aufschlusse kamen solche Bohnerze in größerer Menge vor. Es sind deutliche konkretionäre Bildungen, die durch den Verlust der färbenden Bestandteile (der Metall-oxyde) hellbraun, auch weiß gefärbt wurden.

In dem verlassenen Aufschlusse in der nordwestlichen Ecke des Vorkommens sind diese Mangankonzentrationen in dunkelbraunem Ton besonders schön ausgebildet gewesen. Dunkelblauschwarze, hochmanganhaltige Erzkollen waren hier aus dem Ton herauszulesen. Aber auch allenthalben in Lagen, wohin man auch gehen möge, überall bieten sich ähnliche Verhältnisse. Überall lagern

im Mulme festere Erzpartien, die zusammen mit dem Mulm als Haufwerk gefördert werden. Nur die besten Erze werden ausgelesen. Gelegentlich wechsellagern mit den Erzen erzfremde dunkelbraune Tonpartien. Es sind dies die durch die Erzkonzentration von Mangan und Eisen ausgelaugten Teile des Verwitterungsresiduums der Kalke. So kommt es auch, daß das geförderte Haufwerk einen verhältnismäßig höheren Metallgehalt besitzt. Die durchschnittliche Wochenförderung enthält 20—22 Proz. Mn und 22—24 Proz. Fe und 18—20 Proz. Rückstand.

Diese Tonpartien sind aber nicht zu verwechseln mit solchen, die bei der Sedimentation des Hangenden (das ist eben der Ton) in geologisch jüngerer Zeit, nachdem das Lager gebildet war, in das letztere hineinflößt wurden. Diese letzteren Tonpartien sind ganz anders beschaffen als die aus der Verwitterung resultierenden. Gelegentlich schließen diese im Lager eingeschalteten Teile des hangenden Tones Erzfragmente ein. Diese sind aber deutlich als kleine Splitter oder unregelmäßig geformte Spaltungs- und Bruchstücke von an anderer Stelle entstandenen Erzen zu erkennen und sind wieder mit den Bohnerzen nicht zu verwechseln.

An manchen Stellen in den Tagebauen der Lindner-Mark beobachtete ich auch noch Tone, die von stengeligem Manganerz durchsetzt waren. Es handelt sich hier um kleine Wasserkanäle, in denen manganhaltige Lösungen diffundierten, die schließlich ihre eigenen Wege sich mit abgesetztem  $\text{MnO}_2$  u. s. w. verstopften.

Es zeigt sich also hier, daß die aus der Verwitterung hervorgegangenen Tone erst durch die nachträglich stattgefundenen chemischen Konzentrationen in technisch verwertbare Erze umgewandelt wurden.

Ganz die gleichen Verhältnisse habe ich bei den Manganerzvorkommen der Gegend von Bingerbrück-Stromberg beobachtet. Überall lagern feste dunkelblaue Erzklumpen im braunschwarzen Mulm. Stückerze wie Mulm sind von wechselnder Zusammensetzung. Durchschnittlich enthalten die Erze: Mn 16 bis 18 Proz.; Fe 30—35 Proz.; Rückstand 12—15 Proz.

In den Manganeisenlagern von Ober-Roßbach und Köppern (bei Friedberg) treten uns ganz dieselben Verhältnisse entgegen. Auch die genetischen Verhältnisse sind überall dieselben. Ich habe hierüber an anderer Stelle berichtet<sup>64</sup>). Der gelbe Mulm vom

<sup>63</sup>) Uhl: Bericht d. Oberhess. Ges. f. Nat. u. Heilkde. 27. S. 130.

<sup>64</sup>) Delkeskamp: Z. f. prakt. Geol. 1901. 9. S. 356 und daselbst 1903. 11. S. 265.

Schacht 3 enthält 33,6 Proz. Rückstand. Die Erze vom Kalkschacht besitzen an Fe 41 Proz.; an Mangan 1,47—4,11 Proz.; an Rückstand ca. 27 Proz. Die durchschnittliche Monatsförderung (so z. B. vom Mai 1902) enthält 27,5 Proz. Fe; 20,16 Proz. Mn; 16—20 Proz. Rückstand.

Die gleichen Konzentrationen von reineren festen Erzen in geringhaltigem Mulm sind im Biebertale bei Gießen auf der Grube Eleonore zu beobachten; Erz im Durchschnitt: Mn ca. 26 Proz.; Fe ca. 26 Proz.; ( $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$ ) ca. 14 Proz.; der Mulm ist entsprechend geringhaltiger.

Auch überall sonst, wo ich bisher Gelegenheit hatte, die entsprechenden Lagerstätten im Lahntale selbst zu begehen und zu studieren, habe ich immer dieselben Wahrnehmungen gemacht.

Bei meinen Aufnahmen im bayrischen Wald hatte ich auch Gelegenheit an den von Kohler erwähnten Lagerstätten von Amberg dasselbe kennen zu lernen.

Es könnte hier eingeworfen werden, daß gerade diese örtlichen Konzentrationen auf eine Bildung durch Quellenabsatz hinweisen. Dem ist aber nicht so. Ich brauche mich hierauf nicht zu verbreiten, da die gleich zu besprechenden ganz analogen Vorkommen im Laterit, in der Terra rossa u. s. w. dieses zur Genüge dartun.

Konzentrationen in der Terra rossa des Karstes. Die konkretionären Bohnerze.

Die Arbeiten von Lorenz, Neumayr, Fuchs<sup>65)</sup> u. s. w. über die Terra rossa haben das Interesse für diese Frage zur Genüge verbreitet, sodaß die Frage nach der Genesis dieses roten Lehm zur Zeit für gelöst betrachtet werden kann. Da J. Walther<sup>66)</sup> aber die Verwitterungstheorie immer noch verwirft, und dieselbe genetisch mit der Frage nach der Entstehung der Mangan-eisenerze auf dem Massenkalk des Mitteldevons, die wir oben behandelt haben, zusammenhängt, so soll doch kurz auf die Genesis eingegangen werden. Gelegentlich der Besprechung der Anhäufung einer roten Erde, wie sie sich auf vielen Koralleninseln findet, kommt Walther zur Terra rossa des Karstes u. s. w. und verwirft die Ansicht der Entstehung durch Verwitterung. Nach den Untersuchungen von Murray<sup>67)</sup> und

Guppy<sup>68)</sup> ist die rote Erde der Koralleninseln nicht der Rückstand von Kalken, sondern das Zersetzungsprodukt mächtiger Bimssteinüberschüttungen. Walther meint, daß gerade in dem vorliegenden Falle die einseitige experimentelle Behandlung zu dem Irrtum die Veranlassung gab. Beim Auflösen von Kalkstein in Säure in einem Gefäß, bleibt sicherlich der unlösliche Rückstand als Bodensatz zurück, doch an der freien Oberfläche der Lithosphäre wäre nicht wohl einzusehen, wie die Wasser, die 100 m Kalkstein auflösen und gelöst hinwegtransportierten, die feinerdigen, unlöslichen Bestandteile unberührt an Ort und Stelle gelassen haben sollten. Das Wasser, das die gelösten Kalkmassen hinwegschafft, wirkt als bewegliche Flüssigkeit und ist kräftig genug, um auch den unlöslichen Staub mit hinwegzunehmen. Soweit Walther<sup>69)</sup>.

Es ist ganz selbstverständlich, daß das Wasser in suspendierter Form eine Menge jenes unlöslichen Residuums der Kalke mitführt. Das Wasser schwemmt den Ton mit sich, um denselben dann wieder abzusetzen, und zwar geschieht dies überall dort, wo das Wasser in den Mulden und Taschen des Kalkes sich staut und so Gelegenheit hat, beim längeren Verharren, die suspendierten Bestandteile zum Absatz zu bringen. Wohl kann sich auf den kahlen Kalkplateaus an den Küstenstrichen der Adria nur spärlich eine Vegetation entwickeln, da die Regenwässer von den Höhen unablässig die Zersetzungsprodukte, die einzig imstande wären, den Boden für Pflanzenwuchs geeignet zu machen, hinwegspülen. Nur in den Klüften und Vertiefungen, z. B. in den Dolinen, kann sich der rote Lehm halten und wird immer von neuem in die tiefen Kessel hinuntergespült. Nur in diesen Dolinen kann der arme Bewohner des Karstes ein kleines Feld bebauen, und nur die Verwitterungsrückstände des Kalkes begründen seinen Wohlstand.

Diese roten Tone finden sich, wie im Karst, auch in andern Kalkgebirgen. Auf der Hochebene des Jura, auf den wilden Höhen der alpinen Kalkmassive finden sie sich, und auch der rote Höhlenlehm, der durch die in ihm gemachten Wirbeltierfunde bekannt ist, ist nichts anderes als das Verwitterungsprodukt der Kalke.

Kalke aller geologischen Formationen liefern Terra rossa. Fuchs erwähnt solche auf den tertiären Kalken von Malta und Gozzo. Die Einschlüsse organischer Reste

<sup>65)</sup> Lorenz: Verhandl. d. k. k. geolog. Reichsanstalt 1881. S. 81—82. Neumayr, daselbst 1875. S. 50—52. Fuchs: daselbst 1875. S. 194—196.

<sup>66)</sup> J. Walther: a. a. O. S. 561.

<sup>67)</sup> Murray: R., Instit. of Great Brit. 1888. March. 16. S. 11.

<sup>68)</sup> Guppy: Solomon Islands. Appendix.

<sup>69)</sup> J. Walther: a. a. O. S. 562.

lassen die Annahme zu, daß die Bildung dieser Zersetzungsprodukte schon zur Zeit des Paläotheriums begonnen hatte, und in der Gegenwart schreitet sie noch weiter fort. Gelegentlich kommt die Terra rossa auch auf sekundärer Lagerstätte vor.

In dieser Terra rossa sind konkretionäre Ausscheidungen von Eisen weitverbreitete Erscheinungen. Die rosa bis rote Farbe der Tone läßt schon auf einen Eisengehalt schließen, und in der Tat kann dieser Gehalt sehr hoch steigen. J. Cook Russel<sup>70)</sup> erwähnt Eisenanreicherungen von der südlichen Appalachen-Region von wechselnder, gelegentlich sehr bedeutender Größe.

In der Gegend von Laibach in Unter-Krain<sup>71)</sup> sind z. T. sandige Tone weitverbreitet, die als Verwitterungsprodukte der Werfener und Gailtaler Kalke anzusehen sind. In diesen gelben und roten Tönen sind Eisenerze allgemein eingelagert. Bohnen, unregelmäßige Knollen, konkretionäre Bildungen jeder Art sind überall in den Tönen zu beobachten. Hie und da sind sie örtlich angehäuft, um an anderer Stelle wieder selten zu werden. An mehreren Orten stellen sie immerhin abbauwürdige Erzanhäufungen dar und werden heute noch bei günstiger Lage des Eisenmarktes ausgebeutet. Reine Brauneisenerze mit 40—50 Proz. Fe wechseln mit sandigen Erzen mit 20—24 Proz. Fe oder mit tonigen Brauneisensteinen mit nur 10 bis 15 Proz. Fe.

Besondere Bemerkung verdienen die hier vorkommenden Eisenhohlgeoden, die gute Analoga zu den von mir s. Zt.<sup>72)</sup> erwähnten Bildungen von Ober-Roßbach in der Wetterau bilden. Dem Gießener Museum wurden kürzlich ebensolche Eisensteine von der Grube Richard bei Hungen überwiesen. Bei der Besprechung der Hohlgeschiebe wird auch auf diese verwandte Erscheinung zurückgekommen werden.

Der besseren Übersicht der vorliegenden Abhandlung wegen werde ich diesen Gegenstand in einer besonderen Arbeit behandeln.

Stelzner hat in seiner Abhandlung über die Bohnerze der Villacher Alpe darauf hingewiesen, daß gerade bei der Auffassung der Natur der Bohnerze das beliebte Generalisieren nur Verwirrung brachte. Bohnerze können durch Quellwasser am Boden von Binnenseen oder an der Meeresküste ent-

standen sein und zwar entweder auf sekundärer Lagerstätte als Seifen oder auf primärer Lagerstätte als syngenetisches Erz. Bei den letzteren bildeten sich an der Oberfläche von Kalken der Terra rossa ähnliche Verwitterungstone, in denen sich das Eisen konzentrierte<sup>73)</sup>.

Hierher gehören die sogenannten Lettenerze der schwäbischen Alp. Fraas wies darauf hin, daß nur sie primär sind, während die sogenannten Felsenerze, also die in Klüften des Kalkes vorkommenden Erze sich auf sekundärer Lagerstätte befinden.

Die Lettenerze sind wichtig. Sie sind nicht gangförmig, sondern sie treten in grösserer Ausdehnung flöz- und nesterartig als Muldenausfüllung auf. In Tönen, die auch hier als Verwitterungsrückstände des liegenden Kalkes aufzufassen sind, haben sich die Eisenerze örtlich zu Bohnen, Körnern und Klumpen konzentriert<sup>74)</sup>.

Die Bohnererzablagerungen des Höhgau sind Eisensteine der verschiedensten Form, die in gelben und rotbraunen Ton eingelagert vorkommen.

#### *b. Anreicherungen im Verwitterungsresiduum von Silikatgesteinen.*

##### Konzentrationen im Laterit der Tropen.

Im Laterit der Tropen, also jenem roten bis dunkelbraunen Umwandlungsprodukt der verschiedensten, besonders der krystallinen Gesteine, das auf ungeheure Erstreckung hin die Landschaft beherrscht, sind örtliche Eisenanreicherungen sehr verbreitet. Auf die Entstehung des Laterits selbst soll hier nicht eingegangen werden. Für uns stellt der Laterit ein eisenreiches toniges Material dar, das für metasomatische Konzentrationen sehr geeignet ist.

So gehört nach Bornhardt und Bauer zum Begriff des Laterits ein Reichtum an festen Eisenkonkretionen<sup>75)</sup>.

F. Wohltmann<sup>76)</sup> berichtet aus Deutsch-Ostafrika von lateritähnlichen jüngeren Gelb- und Roterden, in denen Massen von Konkretionen entstehen. Hand in Hand geht diese Eisenkonkretionsbildung mit der wachsenden Unfruchtbarkeit des Bodens.

<sup>73)</sup> A. W. Stelzner: Verhandl. d. k. k. geol. Reichsanst. 1887. S. 219.

<sup>74)</sup> E. Fraas: Württemberg. Jahreshfte. 15. 1859. S. 38.

<sup>75)</sup> W. Bornhardt: Deutsch-Ostafrika. Berlin 1900. S. 10. Max Bauer: N. Jahrbuch f. Min. 1898. 2. S. 163.

<sup>76)</sup> F. Wohltmann: Deutsch-Ostafrika. 1898. S. 3.

<sup>70)</sup> Isr. Cook Russel: Subaerial decay of rocks. Bulletin of the U. St. geolog. Survey. 1889. No. 52.

<sup>71)</sup> M. V. Lipold: Jahrbuch d. k. k. geolog. Reichsanstalt 9. S. 246. 1858.

<sup>72)</sup> Delkeskamp: Z. f. prakt. Geologie. 1903. S. 269.

Peshuel-Loesche<sup>77)</sup> beobachtete in Westafrika dasselbe. Allenthalben ist fein verteiltes, an einigen Stellen örtlich konzentriertes Eisenerz für den Laterit charakteristisch.

Ganz ähnlich spricht sich Philip Lake in seiner: *Geology of South Malabar*<sup>78)</sup> über die dortigen Laterite aus: „The peculiar structure of laterite is due to a kind of concretionary action.“ Nicht selten werden die Lateriteisensteine von den Eingeborenen als Eisenerze benutzt, so in Afrika und Indien; die Eisensteine werden ausgewaschen und verschmolzen.

Der Gehalt des Laterits ist gelegentlich 25—36 Proz. Fe. V. John gibt bei O. Lenz<sup>79)</sup> eine Analyse solcher Erze:

|                      |                        |
|----------------------|------------------------|
| Tonerde . . . .      | 12,40                  |
| Eisenoxyd . . . .    | 58,02                  |
| Wasser . . . .       | 15,82                  |
| Unlösliches . . . .  | 15,40                  |
|                      | <hr/>                  |
|                      | 101,64                 |
| Unlösliches: . . . . | 10,40 SiO <sub>2</sub> |
|                      | 5,42 Ton               |
|                      | <hr/>                  |
|                      | 15,82                  |

Doelter hat zuerst auf die Bedeutung der Eisenkonkretionen im Laterit für die Lithogenesis hingewiesen. Medlicott und Blanford<sup>80)</sup>, Posewitz, Hermann u. s. w. berichten ganz ähnliche Beobachtungen<sup>81)</sup>. Du Bois bemerkt in seiner ausführlichen Arbeit über die surinamischen Laterite u. s. w., daß die Eingeborenen die Eisenkörner auch als Schrotmaterial für ihre Vorderladegewehre benutzen.

Diese Arbeit von Du Bois<sup>82)</sup> ist für uns ganz besonders wichtig. Einmal findet sich hier die ganze einschlägige Literatur zusammengestellt, aber weit wertvoller für uns ist, daß Du Bois auf die Bedeutung der im Laterit stattfindenden Eisenkonzentrationen hingewiesen hat. Die letzteren lassen sich bei Lateriten auf primärer und sekundärer Lagerstätte beobachten.

In dem sandig-tonigen Lager des Lateritalluviums sehen wir dunkelgefärbte Flecken, die sich schon bei einer flüchtigen Untersuchung als eisenoxydreiche Bildungen zu

erkennen geben. Treten nun solche eisereichen Flecken der Oberfläche näher, so sehen wir, daß sie sich in der Grundmasse immer deutlicher abheben dadurch, daß sie die im Nebengestein enthaltenen Eisenverbindungen zu absorbieren scheinen. Dieser Vorgang gibt sich durch eine Entfärbung des umgebenden Laterits und durch eine stets dunkler rot werdende Färbung der Flecken kund. Ferner erfahren diese spezifisch schwerer gewordenen Partien durch den oxydierenden Einfluß der Atmosphäre eine Umwandlung in härtere wasserarme Gebilde, die der Fortführung und Zersetzung größeren Widerstand zu bieten vermögen. Schreitet nun die Konzentration des Eisens weiter vor sich, so erhalten wir nahezu reine Eisenoxyd- und Hydroxydbildungen auf sekundärer Lagerstätte.

Auch die Eisenkonkretionen im primären Laterit zeigen den charakteristischen schaligen Aufbau. Feine tonige Lagen liegen manchmal zwischen den einzelnen Schalen und bilden gelbrote Ringe. Die Umriss der Konkretionen sind meist sehr scharf gegen die umgebende Masse abgegrenzt und treten immer deutlicher hervor, je reiner das Eisenhydrat u. s. w. wird. In der Regel besitzen sie einen Kern von Toneisenstein. Es folgen Analysen:

|                      | I.          | II.         | III.        |
|----------------------|-------------|-------------|-------------|
| Eisenoxyd            | 83,40 Proz. | 86,90 Proz. | 81,28 Proz. |
| Kieselsäure          | 7,0 -       | 3,1 -       | 1,17 -      |
| Tonerde              | 5,0 -       | 4,0 -       | 6,25 -      |
| Kalkerde             | 1,0 -       | 1,0 -       | 0,03 -      |
| Wasser (Glühverlust) | 4,0 -       | 5,4 -       | 9,02 -      |
| Phosphorsäure        | — -         | — -         | 1,88 -      |
| Mn, Ti, Ni etc.      | — -         | — -         | 0,104 -     |
| Summa:               | 100,40 -    | 100,4 -     | 99,734 -    |

Du Bois folgerte mit Recht aus allen diesen Beobachtungen, daß man vielfach Oolithlager mit oolithartigen Eisenkonkretionen verwechselte und daß die Regelmäßigkeit der Ablagerung der Eisenerze nicht, wie man das zu tun pflegt, auf eine marine Bildung hinweist, sondern daß auch limnische Ablagerungen mehrere 100 km lange und breite regelmäßige Lagerstätten zu bilden vermögen.

Die diluvialen Eisensteine der Gegend von Fritzlar (bei Cassel).

In der Gegend von Fritzlar, Gudensberg und Felsberg bilden diluviale Eisensteine eine ausgedehnte Ablagerung in Lehmen. Die Eisenerze sind einzelne Körner von Schrot- bis Walnußgröße, die durch ihren Gehalt an Magneteisen sich als Zersetzungsprodukte von Basalten ergeben und so die Herkunft der Tone und Lehme, in denen

<sup>77)</sup> Peshuell-Loesche: Westafrik. Laterite. Ausland 1884. No. 20—22.

<sup>78)</sup> Philip Lake: Mem. of. the geolog. Survey of India. Vol. 24. 3. S. 217.

<sup>79)</sup> O. Lenz: Verhandl. d. k. k. geol. R. 1878. S. 35.

<sup>80)</sup> Medlicott und Blanford: Geol. of India. S. 354.

<sup>81)</sup> Posewitz: Petermanns Mitt. 1887. S. 20. Hermann, Journal für prakt. Chemie. 1. 1869. S. 72.

<sup>82)</sup> G. C. Du Bois: Tschermaks Mitt. NF. 22. Bd. 1903. Heft 1. S. 1—61.

sie lagern, erkennen lassen. Die einzelnen Körner sind kugelige, an der Oberfläche höckerige, kleine Knollen, die gelegentlich zu unregelmäßigen Brocken zusammenge-  
wachsen auftreten. Ihre Farbe ist grau- oder schwarzbraun, je nach dem Mangangehalt. Erze von Holzhausen bei Homberg und von Nackers haben die folgende Zusammen-  
setzung:

|               | I.     | II.    | III.         |
|---------------|--------|--------|--------------|
| Eisenoxyd     | 45,069 | 42,353 | 44,996 Proz. |
| Magnetisenen  | 0,192  | 0,122  | 0,118 -      |
| Kieselsäure   | 40,93  | 39,025 | 41,030 -     |
| Manganoxyd    | 0,528  | —      | — -          |
| Tonerde       | 1,670  | 9,451  | 5,431 -      |
| Phosphorsäure | 0,526  | —      | — -          |
| Kalziumoxyd   | 1,632  | —      | — -          |
| Wasser        | 9,009  | 9,049  | 9,325 -      |

Zwischen den Eisenkörnern findet sich Lehm, der ausgewaschen wurde. Auch in der Zusammensetzung stehen diese Erze den Basalteisensteinen des Vogelsberges sehr nahe.

Anreicherungsprozesse im eisernen Hut bei der Verwitterung des Ausgehenden der Erzgänge.

Die Anreicherungsprozesse im eisernen Hut der sulfidischen Erzgänge sind weit verbreitet und allgemein bekannt, brauchen daher hier nicht besprochen zu werden. Der Chemismus des eisernen Huts ist äußerst verwickelt und von den klimatischen Verhältnissen abhängig. Jedenfalls werden überall in ganz unverhältnismäßigem Grade die metallischen Bestandteile angereichert, sodaß das Ausgehende der Erzgänge schon oft genug trügerische Hoffnungen auf sehr reiche Erzführung des Ganges hervorgerufen hat.

Bildung von Phosphoritlagern und Konzentrationen im Diabas und Schalstein des Lahntals.

Die meist mit Brauneisenstein vergesellschafteten Phosphorite des Lahntals stehen, wie dies zuerst Petersen ausgesprochen, mit den Diabasen und Schalsteinen in genetischem Zusammenhange. Der Phosphorgehalt des Stringocephalenkalks, auf den Sandberger hingewiesen, dürfte erst in zweiter Linie in Frage kommen. C. A. Stein<sup>83)</sup> hat uns hierüber eine größere Arbeit geliefert. Die verwitternden phosphorreichen Diabase und Schalsteine zeigen allenthalben Phosphatanreicherungen. Auch im Melaphyr und Basalt zeigen sich Konzentrationen von Phosphorit. So z. B. beim Basalt des Roßbergs bei Darmstadt. Osteolit und Phosphorit treten

hier als Kluftausfüllung auf und konzentrierten sich im Verwitterungsschutt zu Knollen.

### Die Hornsteinknollen im Verwitterungsschutt und -ton oberhessischer Basalte.

In den Verwitterungstonen der oberhessischen Basalte sind Hornsteinknollen eine allgemeine Erscheinung. Der Kieselsäuregehalt konzentriert sich an einigen Punkten zu harten Konkretionen, die mit den Bauxitknollen und Eisensteinen wechsellagern.

Da für die letzteren zur Zeit eine Bildung unter Mitwirkung thermaler Prozesse angenommen werden darf, so werden wir erst in einem der nächsten Kapitel auf sie zu sprechen kommen.

*B. Der zur Konzentration gelangte Stoff entstand durch Wechselwirkung zweier oder mehrerer primär in Sediment gleichmäßig verbreiteter Körper.*

Die Gipskonzentrationen im Rupelton, Cyrenenmergel u. s. w. im Mainzer Becken; in den Kreidemergeln von Sperenberg und den kalkigen Sedimenten der Gegend von Paris.

In den mitteloligocänen Tonen des Mainzer Beckens sind Gipsrosetten sehr verbreitete Erscheinungen. Die Gipse von Flörsheim sind ihres kristallographischen Interesses wegen zu einer gewissen Berühmtheit gelangt. In den festen, zähen, dunkelblauen Tonen hat sich der Kalkgehalt zu Septarien zusammengezogen. Der fein verteilte Schwefelkies lieferte beim Zersetzen Sulfate, die mit dem kohlen-sauren Kalk die zur Bildung des Gipses nötigen Agentien ergaben.

Sehr interessant ist es zu sehen, wie der äußerst zähe, sehr schwer zu bearbeitende Ton von der krystallisierenden Gips-substanz zurückgedrängt wird und ziemlich reine Krystallaggregate trotz des mangelnden Raumes bilden kann. Die Krystallisationskraft, das heißt also das Vereinigungsbestreben der Molekel, muß bei Gips verhältnismäßig groß sein.

Es folgt eine Analyse des Rupeltones von Offenbach a. Main<sup>84)</sup>, die wohl die durchschnittliche Zusammensetzung des mitteloligocänen Tones wiedergibt:

|                                          |             |
|------------------------------------------|-------------|
| Quarzsand . . . . .                      | 23,31 Proz. |
| Kieselsäure . . . . .                    | 34,80 -     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 14,65 -     |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 2,07 -      |
| FeO . . . . .                            | 3,03 -      |
| MgO . . . . .                            | 3,23 -      |

<sup>83)</sup> C. A. Stein: Beilage zu Band 16 der Zeitschrift f. d. Berg-, Hütten- und Salinenwesen im Preuß. Staate. 1868.

<sup>84)</sup> Th. Petersen: 12. Bericht d. Offenbacher Vereins f. Naturkunde.

|                             |            |
|-----------------------------|------------|
| Ca O . . . . .              | 4,40 Proz. |
| K <sub>2</sub> O . . . . .  | 2,08 -     |
| Na <sub>2</sub> O . . . . . | 0,61 -     |
| Schwefelkies . . . . .      | 0,65 -     |
| Schwefelsäure . . . . .     | 0,11 -     |
| Kohlensäure . . . . .       | 5,02 -     |
| Wasser u. organ. Substanz   | 6,40 -     |

Summa: 100,36 Proz.

Aber nicht nur die tonige Facies des Mitteloligocäns, sondern alle Tone des Mainzer Tertiärbeckens führen Gipse. Die Cyrenenmergel von Alzey und die Littorinellentone von den verschiedensten Orten enthalten Gipskrystalle.

War der Gehalt an Schwefelkies im Ton ein verhältnismäßig großer, so bildeten sich in den Tonen Lagen von Toneisenstein und diese verkitteten Lagen boten der auskristallisierenden Gipssubstanz eine gute Unterlage und ließen so kleine Krystalle und krustenförmige Überzüge entstehen. In diesen Fällen kam es also nicht zur Bildung jener großen Gipskonkretionen, die den Rupelton sonst auszeichnen. Diese Ausbildungsweise ist für den Septarienton von Kreuznach charakteristisch. In Hohlräumen krystallisierte der Gips besonders rein aus, so z. B. gelegentlich im Innern der geborstenen Kalkseptarien von Flörsheim.

Ganz ebenso entstehen nach Lacroix die meisten Gipse der Gegend von Paris aus dem Zusammenwirken von sich zersetzendem Schwefelkies (und Markasit) und der Kalksubstanz der Kreide, des Eocäns und Oligocäns. In plastischen untereocänen Tonen ist der Gips häufig dem Pyrit direkt aufgewachsen.

Interessant ist das Vorkommen von Gipsen auf der Schutthalde der großen Ton- und Kalkgrube von Sperenberg. Hier werden Kreidemergel gegraben, die von Kalken und diluvial-glazialen Moränenmaterial überlagert werden. In diesen letzteren sind Stücke eines an sulfidischen Einsprenglingen sehr reichen Fahlbänder-Granits sehr verbreitet. Auf der Schutthalde nun kommen die Fahlbänder-Granite mit den Mergeln zusammen. Der sich zersetzende Schwefelkies u. s. w. liefert die Schwefelsäure und der Mergel den Kalk. Wie Spargel wachsen dort die Gipskrystalle aus dem Boden, die sie an dem Wachsen hindernde Tonsubstanz u. s. w. einfach zur Seite drängend.

#### Schwerspat-Konzentrationen in Tonen und Sanden.

Aus den roten Schieferletten Helgolands beschrieb F. Wibel<sup>85)</sup> Schwerspatdrüsen (Se-

ekretionen), in denen er mit Kalkspat vergesellschaftet auftritt. Wichtiger sind die Schwerspatkonzentrationen in den Tonen von Nenkersdorf bei Leipzig und in den Tertiärmergeln zu Bologna, beides radialstrahlige Gebilde. Es handelt sich hier zweifellos um sekundäre Konzentrationen von Barytsubstanz. In den Manganezlagern des Odenwaldes hat sich Schwerspat vielfach zu kamm- und knollenförmigen Gebilden konzentriert. Gelegentlich tritt er aber auch als Sekretion auf und darf wohl hier angenommen werden, daß er in Hohlräume der oft schlackenförmigen Erze eingedrungen und nach innen Krystalle gebildet hat. Bei den aus Kalken — so der Stringocephalenkalk von Stromberg und der Zechsteindolomit von Bieber — hervorgegangenen Mulmen u. s. w. sind die Schwerspatsekretionen als Hohlräumeausfüllungen der festen, nun verwitterten Kalke anzusehen, die als schwere Einschlüsse im Verwitterungsresiduum liegen blieben.

#### Kalkkonzentrationen im Löß und Lößlehm.

Die sogenannten Lößkiesel sind Kalkkonkretionen, die sich vielfach unter Mitwirkung von Pflanzen u. s. w. bilden. Die Wurzeln, Stengel etc. der Pflanzen brauchen für ihren Lebensprozeß CO<sub>2</sub>, die sie der Umgebung entziehen. Der als Bikarbonat in wäßriger Lösung im Löß enthaltene kohlensäure Kalk wird durch Verlust an Kohlensäure als kohlensaurer Kalk um die Pflanzenteile (Stoppengräser u. s. w.) herum gefällt. In der Regel war aber hierzu das Mitwirken der organischen Substanz nicht einmal nötig, sondern wie in so vielen ähnlichen Fällen konzentrierte sich der gleichmäßig verbreitete Kalk örtlich zu unregelmäßigen Gebilden.

#### Die Bildung des Messelits in der Braunkohle von Messel.

In der bituminösen miocänen Braunkohle zu Messel bei Darmstadt sind kleine Knötchen von Messelit (Ca, Fe, Mg<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> + 2½ H<sub>2</sub>O) sehr verbreitet. Besonders in zwei dicht übereinander liegenden Schichten hat er sich stark angehäuft und die Kohle ist hier ganz von seinen sternförmigen Krystallaggregaten durchschwärmt. Gewöhnlich sind die Krystalle zu kugeligen Aggregaten gruppiert<sup>86)</sup>. Wie der Messelit, so konzentrieren sich noch eine Reihe anderer Körper in ganz ähnlicher Weise. Krystallausscheidungen in Kohle u. s. w., wie z. B. die Bildung von Mellit in Braun- und Steinkohle,

<sup>85)</sup> F. Wibel: Neues Jahrbuch f. Min. S. 380 bis 384. 1873.

<sup>86)</sup> E. Wittich: Abhandl. d. großh. hess. geol. Landesanstalt. Bd. 3. Heft 3. S. 90.



so zu Artern, Esperstädt und Luschnitz u. s. w., gehören zu den Konzentrationen (chemischen).

*C. Konzentrationen von Stoffen, die zum Teil im Sediment ursprünglich vorhanden waren (ebenso im Verwitterungsresiduum oder Zersetzungsrückstand krystalliner oder sedimentärer Gesteine), zum Teil aber sekundär durch Mineralquellen u. s. w. infiltriert wurden.*

Die Bildung von Basalteisenstein und Beauzit mit Basaltstruktur in dem Verwitterungston oberhessischer Anamesite.

Es ist noch nicht erwiesen, daß unter gewissen, uns unbekanntem Bedingungen in tropischem Klima Aluminium- und Eisenhydrate die normalen Verwitterungsprodukte eisen- und aluminiumhaltiger Gesteine darstellen. Allerdings scheint nach du Bois<sup>87)</sup> der Begriff des Laterits in zwei verschiedene Typen zerlegt werden zu müssen, indem die eluvialen Laterite silikatreiche Verwitterungsprodukte sind, während die sekundären, alluvialen Laterite sich durch einen Gehalt an Tonerdehydrat auszeichnen. Bauer<sup>88)</sup> sprach schon die Vermutung aus, daß auch die Vogelsberger Beauzite führenden Tone Lateritbildungen aus dem tropischen Klima der Tertiärzeit vorstellen könnten. Es ist aber immerhin merkwürdig, daß Beauzite und Basalteisensteine mit Anamesitstruktur zusammen im Verwitterungston der Basalte vorkommen.

Die Wegführung von Kieselsäure ist keineswegs so undenkbar. Bauer hat auf die verschiedenen Beispiele hingewiesen, wo Schalsteine oder Schiefer des Devons in Eisenoxyde und Hydrate metasomatisch umgewandelt wurden. Petersen<sup>89)</sup> hat auf den großen Kieselsäuregehalt des Frankfurter Leitungswassers hingewiesen, das aus dem Vogelsberg kommt (auf ca. 80 mg im l an festem Rückstand kommen ca. 20 mg auf Si O<sub>2</sub>).

Vielleicht ist es einfacher, sich den Bildungsvorgang des Beauzits und Basalteisensteins unter Mitwirkung von „thermalen Infiltration“ zu denken. Übrigens ist nach C. Chelius<sup>90)</sup> der Zusammenhang von jüngeren Süd-Nordstreichenden Spalten mit den oberhessischen Brauneisensteinen erwiesen. Auf den Spalten traten Mineralquellen auf, die die Eisenerze absetzten; z. T. treten heute noch auf diesen Verwerfungen Quellen zu Tage.

<sup>87)</sup> Du Bois: a. a. O. S. 25.

<sup>88)</sup> M. Bauer: a. a. O. S. 163 ff.

<sup>89)</sup> Th. Petersen: Jahresber. d. physik. Vereins zu Frankfurt a. M. 1893. S. 9.

<sup>90)</sup> C. Chelius: Balneologische Zeitung. 1904. H. 2.

Wir wollen versuchen, den Bildungsvorgang von Basalteisensteinen und Beauziten im Vogelsberg folgendermaßen darzustellen. Sie sind allem Anscheine nach Produkte der Wechselwirkung thermaler Infiltration und metasomatischer Konzentrationsprozesse im normalen Verwitterungston der Basalte, Anamesite u. s. w., dem noch eine Reihe von festen Gesteinsstücken eingelagert waren. Wie überall bei chemischen Konzentrationen wirkten die festen Körper in der homogenen Tonmasse als Attraktionspunkte für die durch aufsteigende Mineralquellen infiltrierte Mineralsubstanz. Die durch Quellenabsatz sich bildenden Eisen- und Aluminiumhydrate setzten sich auf den im Verwitterungston lagernden Basaltstücken ab, und im Verlauf des Konzentrationsprozesses wurde der Gesteinskern metasomatisch umgewandelt, unter Erhaltung der Struktur. Die Silikate gingen in Lösung und an ihrer Stelle wurde pseudomorph Beauzit- und Basalteisensteinsubstanz abgesetzt. Übergänge der beiden ineinander sind durch Liebrich<sup>91)</sup> bekannt geworden. Solche metasomatischen Konzentrationen sind sehr weit verbreitet. Das ganze Heer der Pseudomorphosen gehört hierher, und daß derartige Umwandlungen unter Erhaltung der Struktur großen Umfang annehmen können, das beweisen die später zu besprechenden, für das rheinische Schiefer- und das Erzgebirge charakteristischen pseudomorphen Quarzgänge, bei denen die Struktur des Schwespat und Kalkspats sich sehr gut erhalten hat. Der primäre Eisen- und Aluminiumgehalt des Basaltes hat sicherlich auch bei der Bildung dieser metasomatischen Konzentrationen mitgewirkt, namentlich das Eisen.

Die Kieselsäure hat sich zu Hornsteinknollen konzentriert, die in den Basalttonen lagern.

Die Frage nach der Genesis der Basalteisensteine und des Beauzits dürfte als noch nicht in ganz befriedigender Weise gelöst betrachtet werden.

Schwefelkies- und Markasit-Konzentrationen in Mooren.

Die in den Mooren aufsteigenden Mineralquellen führen dem Wasser der Moore fortwährend Eisensalze zu, namentlich auch Eisensulfat, das zum kleineren Teile durch die am Boden verwesenden Pflanzenreste eine direkte Reduktion zu Eisensulfid erfährt, zum weitaus größeren Teile aber als oxydisches Eisen ausfällt. Das Eisensulfid konzentriert

<sup>91)</sup> A. Liebrich: 28. Bericht d. oberh. Ges. f. Natur- u. Heilkunde.

sich örtlich an einigen Stellen zu Kiesknollen, die aus einer Unzahl von durcheinander gelagerten, unregelmäßig gekrümmten Röhren von grauschwarzer Farbe bestehen, die gelegentlich eine Länge von 60 mm und eine Breite von 3 mm erreichen können. Die Außenseite der Röhren, die fest aneinander haften, ist durch zahlreiche Höcker und Körner sehr rauh. Die Röhren sind als Umhüllungspseudomorphosen nach Pflanzenresten aufzufassen. Feste Kiesknollen liegen in einer Tiefe von 6 m im Moore eingebettet<sup>92)</sup>.

Kieselsinter in den Werra- und Fulda-gegenden; Gipsbildung durch Schwefelwasserstoff-Fumarolen in kalkhaltigen Tuffen.

J. Fr. Hausmann<sup>93)</sup> beschrieb aus den Werra- und Fuldagegenden Kieselsäureabsätze, die in Begleitung der Basalte auftreten. Neben den Opalmassen, die durch Auslaugung auf den Klüften des verwitternden Basaltes zur Abscheidung gelangen, findet sich Kieselsinter in großen Massen. Neben der Kieselsäure hat sich auch Eisenspat, Mangankarbonat, Gips und Kalk, allerdings in weit geringerer Menge abgeschieden. Als Folgeerscheinungen der Basalt-Eruptionen sind hier heiße Quellen aufgetreten, die diese Verkitungen vollbrachten.

Durch Einwirkung schwefelwasserstoffhaltiger Quellen und Fumarolen verwandeln sich Korallenkalke in Gips, wie dies an verschiedenen fossilen Korallenfelsen der Sinaihalbinsel bei Tor, sowie am G. Set<sup>94)</sup>, G. Kebrit und bei Gimsäh<sup>95)</sup> an der Westküste des roten Meeres beobachtet wurde. Einzelne Schwefelkrystalle sind dem Gips eingesprengt. R. Brauns bringt (a. a. O. S. 366) noch eine Reihe anderer Beispiele für diesen diagenetischen Vorgang.

Kaolinbildung als metasomatische Konzentration unter Mitwirkung thermaler Infiltration.

H. Rössler<sup>96)</sup> und E. Weinschenk<sup>97)</sup> haben darauf hingewiesen, daß die Kaolinisierung, entgegen der allverbreiteten Meinung,

<sup>92)</sup> Ed. Palla: Verh. d. k. k. geol. R. 1886. S. 266 und Heidler: Das neue Mineralmoor von Marienbad. Prag 1860. S. 12. — Die böhmischen Bäder. Festschrift f. d. Naturforscherkongreß Karlsbad 1902. S. 71 und 143. — R. Beck: a. a. O. S. 538. — R. Brauns: a. a. O. S. 387.

<sup>93)</sup> J. Fr. Hausmann: 1858. 8. Band der Abhandl. d. kgl. Ges. d. Wiss. zu Göttingen.

<sup>94)</sup> Siehe J. Walther: a. a. O. S. 709.

<sup>95)</sup> Derselbe: Ebenda.

<sup>96)</sup> H. Rössler: Neues Jahrbuch f. Min. Beilageband 15. 1902.

<sup>97)</sup> E. Weinschenk: Grundzüge der Gesteinskunde. 1. S. 116.

nicht mit Verwitterung identisch ist, sondern ein Produkt lokaler Wirkung postvulkanischer Prozesse darstellt.

Wir brauchen hierauf nicht weiter einzugehen, da über diese Untersuchungen schon in den verschiedensten Zeitschriften ausführlich referiert wurde, und bemerken nur, daß hiernach die primären Kaolinlagerstätten ebenfalls zu den metasomatischen Konzentrationen gehören.

*D. Konzentrationen von Stoffen, die sekundär infiltriert wurden und metasomatisch andere primäre Körper ersetzen.*

Die Entstehung von Eisen- und Manganlagerstätten durch Austausch von Eisen und Mangan gegen Kalk.

Die Manganeisensteinvorkommen auf dem Stringocephalenkalk des Lahntals, der Wetterau und der Gegend von Stromberg-Bingen wurden früher ganz allgemein und werden vielfach jetzt noch als Produkte metasomatischer Umwandlungen gehalten. Eisen- und manganhaltige Lösungen sollten den Kalk aufgelöst und an seiner Stelle die Oxyde des Eisens und Mangans abgesetzt haben.

Die Genesis dieser Lagerstätten dürfte als noch nicht völlig geklärt zu betrachten sein. Einige sind, wie ich dies schon dargetan, sicherlich durch chemische Konzentrationen im normalen Verwitterungsresiduum der Kalke entstanden. Andere dagegen sind z. T. Verwitterungsprodukte der mitteldevonischen Kalke, z. T. aber auch solche der Diabase und Schalesteine, wie dies für die interessante Lagerstätte von Niedertiefenbach neuerdings hier Bellingner nachgewiesen hat. Gelegentlich haben Mineralquellen im Bildungsvorgang der Erzvorkommen sicherlich mitgewirkt, so nach unserer Meinung an verschiedenen Stellen des Bingerbrücker Vorkommens. Auch bei Ober-Roßbach scheinen die Verwitterungstone durch Quellenabsatz Anreicherungen erfahren zu haben.

Bei den meisten Lagerstätten des Lahntals scheinen, soweit ich nach eigenen Beobachtungen schließen kann, ganz analoge Bildungsvorgänge geherrscht zu haben, wie ich sie von der Lindner-Mark beschrieben habe. Die normale Verwitterung hat hier genügende Mengen von Eisen- und Manganoxiden geliefert und man braucht zur Ableitung von Mineralquellenabsatz keine Zufucht zu nehmen. Nachzuweisen ist dies natürlich nicht, da die Produkte der durch eisen- und manganhaltige Quellen hervorgehenden metasomatischen Umwandlungen ganz mit denjenigen der Verwitterung übereinstimmen.

Die Metamorphose der unterdevonischen Grauwacke der Grube Braut und die metasomatischen Zinkerz-Lagerstätten.

Ein sehr interessantes Beispiel für metasomatische Prozesse bietet die Grube Braut bei Walderbach (bei Stromberg). Hier wurden die Schichten des oberen Unterdevons (Koblenzgrauwacke) vollständig metasomatisch in Roteisenstein verwandelt. Die sehr reiche Fauna der Grauwacke ist als Steinkerne im Erz erhalten geblieben und auch die ursprüngliche Schichtung ist noch vorhanden.

Hier kann also von einer Verwitterung nicht die Rede sein, sondern es handelt sich um metasomatische Umwandlungen. Minerallösungen haben die Silikate der Grauwacke weggeführt und Eisen an ihrer Stelle pseudomorph abgesetzt.

Auch an gewissen Zinkerzlagerstätten sind solche metasomatischen Umwandlungen zu beobachten. So sind z. B. bei Wiesloch<sup>98)</sup> die Fossilien des Muschelkalks in Galmei verwandelt, ebenso der sie beherbergende Kalk. Ähnliche Umwandlungen sind noch von verschiedenen Lagerstätten bekannt geworden.

Die Genesis der pseudomorphen Quarzgänge des rheinischen Schiefergebirges, des Erzgebirges u. s. w.

In genannten Gebirgen sind pseudomorphe Quarzgänge sehr weit verbreitet. Ich habe hierauf schon verschiedentlich hingewiesen<sup>99)</sup> und in einem ausführlichen Kapitel einer von der Senkenbergischen Gesellschaft zu Frankfurt a. M. preisgekrönten Arbeit über „die Beziehungen zwischen Mineralquellen, Vulkanismus und Erzgangbildung“, die pseudomorphen Quarzgänge des Taunus u. s. w. beschrieben, weswegen ich hier auch nur kurz darauf eingehen will. Die alten NW-SO-Spalten waren mit schwach metallführenden, gelegentlich tauben Kalkspat- und Schwerspatgängen ausgefüllt, die in späterer Zeit einem metasomatischen Umwandlungsprozeß unterlegen sind. Die Erze, Kupfer und Blei neben Eisen, wurden z. T. weggeführt oder sie wurden in Karbonate verwandelt, die wir heute noch in den Gängen vorfinden. Kalkspat und Schwerspat wurden durch Chalcedon und Quarz ersetzt, und ungeheure Mengen von Kalk und Schwerspat demnach weggeführt. Gelegentlich sind die

Krystallindividuen des Kalkspats und Schwerspats in Form von Pseudomorphosen sehr gut erhalten. Verschiedentlich war Malachit und Kupferlasur so stark angereichert, daß sie zeitweise abgebaut wurde.

*E. Konzentrationen durch sekundäre Infiltration, festgehalten durch Adsorption in gewissen Lagen eines Schichtenkomplexes.*

Während die Minerallösungen den ganzen Schichtenkomplex gleichmäßig infiltrierten, wurden namhafte Stoffmengen nur in kaolinhaltigen Lagen desselben festgehalten und an gewissen Stellen im kaolinhaltigen Sediment örtlich konzentriert.

E. Kohler<sup>100)</sup> hat diese neue Idee zur Erklärung gewisser epigenetischer Erzlager geäußert, wie wir dies schon verschiedentlich erwähnt haben. Wenn wir die Bedeutung der Adsorption für die Genesis der syngenetischen Lagerstätten oben für noch nicht erwiesen bezeichneten, so erkennen wir für die Genesis der epigenetischen Lagerstätten deren hohe Bedeutung an. Wie Kohler schon dargetan, ist für die Knollenerze charakteristisch, daß sie da besonders reich aufzutreten pflegen, wo die sie beherbergenden Sandsteinschichten kaolinhaltig sind. Für die australischen Silber-Bleierzlager, so von Brokenhill, ist diese Tatsache sehr beachtenswert. Für so manche andere Lagerstätte wird die Mitwirkung der Adsorption bei der Erklärung der genetischen Verhältnisse noch in Frage kommen. Kohler will diese Erscheinung auch im Laboratorium weiter verfolgen.

*F. Konzentrationen von Stoffen, die sekundär in wässriger Lösung infiltriert wurden. (Die Infiltration erfolgte durch Mineralquellen oder durch Auslaugewässer überlagernder Schichten.)*

Die Bildung von Kalk-, Kiesel-, Schwerspat- und Eisensandsteinen u. s. w.

Ich habe<sup>101)</sup> an anderer Stelle diese „Mineralsandsteine“ zusammenfassend behandelt und will hier nur an dem Beispiele des Kreuznacher Schwerspatsandsteins ganz allgemein alle analogen Vorkommen erläutern.

An den Ostabhängen des Rheingrafensteins, auf dem Kuhberg und an einigen anderen Stellen sind die oberen Lagen des mittelligocänen Meeressandes mit Schwerspat verkittet. In der weiteren Umgegend von Kreuznach kommen Schwerspatverkittungen

<sup>98)</sup> A. Schmidt: Die Zinkerzlagerst. v. Wiesloch. Heidelberg 1883.

<sup>99)</sup> Delkeskamp: Z. f. Naturwissensch. 75. 1903 u. wie 7).

<sup>100)</sup> E. Kohler: Zeitschr. f. prakt. Geologie. 1903. S. 49.

<sup>101)</sup> Delkeskamp: Siehe wie Note 48.

im Mitteloligocän an verschiedenen Stellen vor, gelegentlich auch auf sekundärer Lagerstätte, indem kugelige Stücke dieses tertiären Sandsteins im Diluvium eingebettet wurden.

Dieser Schwerspatsandstein findet sich zu beiden Seiten eines 100—150 m breiten Tälchens, mit verschiedener Mächtigkeit von durchschnittlich ca. 3 m. Überlagert wird der Sandstein von der Tonfacies des Mitteloligocäns, dem Septarienton in ziemlicher Mächtigkeit. Dieser Ton dürfte für direkt undurchlässig für wäßrige Lösungen anzusehen sein und ist ausgezeichnet durch einen in manchen Lagen ziemlich beträchtlichen Gehalt an Gips, dessen Entstehung wir schon oben kennen lernten. Dieser Schwerspatsandstein ist in seinen oberen Lagen ein festes, kompaktes Gestein, das nach unten aber sich immer mehr in einzelne, durch Zwischenräume voneinander getrennte Lagen auflöst. Es sind dies konkretionäre Wülste und gelegentlich weitaushaltende Platten verkitteten Sandes, die an Festigkeit dem Sandstein nicht nachstehen und durch Lagen unverkitteten Sandes voneinander getrennt sind. Nach unten lösen sich diese konkretionären Wülste immer mehr auf, um schließlich in kugelige Konkretionen überzugehen. Diese letzteren haben oft in ihrem Kern als Attraktionspunkt irgend welche Steinkerne von Muscheln u. s. w., und auch der hangende Sandstein entstand aus solchen Konkretionen, wie man aus seinem krystallographischen Aufbau deutlich erkennen kann; die einzelnen Konkretionen sind durch weitere Stoffanlagerung zusammen verwachsen, schlieBen aber auch noch die ehemaligen Attraktionspunkte und Kerne der Konkretionen, die fossilen Reste, ein. Nach unten rücken diese Konkretionen immer mehr auseinander und lagern lose im Sand. An ihrer Oberfläche weisen sie Krystallentwicklung und im Innern spätigen Glanz und ein radialstrahliges Gefüge auf. Gelegentlich sind sie zu mehreren zusammengewachsen, zeigen aber dann immer mehrere Zentren. An mehreren Stellen werden sie auch durch ein Haufwerk von Krystallen ersetzt, die sich um einen Punkt radial entwickeln. Nach unten folgen nun Krystallbündel und Einzelkrystalle oder Haufwerke kleiner Krystallaggregate. Die unteren Partien des verkitteten Mitteloligocäns sind in dem Kreuznacher Vorkommen nicht gut aufgeschlossen, und obwohl ich verschiedentlich nachgraben ließ, konnten doch die unteren Teile nicht ganz hinsichtlich ihres Baues geklärt werden. Nach Analogie mit den anderen Vorkommen in der Gegend und der Wetterau u. s. w. darf aber wohl angenommen werden, daß die im Kreuznacher

Vorkommen an einigen Stellen erwiesenen Übergänge des festen Sandsteins und der konkretionären Wülste nach unten in die Einzelkonkretionen und die Krystallaggregate auch für das ganze Vorkommen anzunehmen ist. In einer noch unveröffentlichten Arbeit über die Kreuznacher Thermalquellen und die Geologie des Thermalgebiets habe ich den Kreuznacher Schwerspatsandstein sehr ausführlich beschrieben und bin auch schon an anderer Stelle auf alle die analogen Vorkommen eingegangen. Hier will ich nur erwähnen, daß das besprochene Vorkommen keineswegs vereinzelt dasteht, sondern an verschiedenen Orten Analoga besitzt.

Aber viel mehr verbreitet sind mit Kalkspat verkittete Sandsteine, und an ihnen lassen sich die oben beschriebenen Übergänge weit besser beobachten. Das klassischste Beispiel ist das von E. H. Barbour beschriebene Vorkommen von Nebraska und Süd-Dakota. Bei den hier verkitteten miocänen Sanden ist der Übergang (von oben nach unten) des festen Sandsteins in konkretionäre Wülste, runde Konkretionen, Krystallbündel und wohl ausgebildete Einzelkrystalle in wunderbarer Regelmäßigkeit zu beobachten. Die Schichtung geht durch die verkitteten Massen hindurch<sup>102)</sup>. Die Entstehung aller dieser Verkittungen dürfte, wie folgt, zu erklären sein: In den meisten Fällen ist an ein konkretionäres Zusammenziehen eines ehemals gleichmäßig im Sande verbreiteten Baryumgehaltes nicht zu denken. Die auf örtlich beschränktem Gebiet abgelagerte Menge des Schwerspats ist eine viel zu große, als daß sie nur aus dem Sande stammen könnte. Es würde hierzu eine Auslaugung ungeheurer Sandmengen gehören, deren Barytgehalt dann wieder auf einem verhältnismäßig sehr kleinen Gebiet konzentriert worden wäre.

Die Absätze sind hier vielmehr aus wäßriger Lösung erfolgt, und zwar nach der Trockenlegung der Sande, als sekundäre Bildung. Bei Baryumsulfat bestehen verschiedene Entstehungsmöglichkeiten. Schwerspats kann einmal durch Fällung aus zwei verschiedenen Lösungen entstehen, oder er konnte durch Einwirkung von in Lösung befindlichen Verbindungen auf Substanzen entstehen, die im Sande primär enthalten waren. Beides sind zufällige Erscheinungen, durch deren Wirkung manche Schwerspatablagerung zustande gekommen sein mag, doch für den vorliegenden Fall haben sie keine Bedeutung. Es handelt sich hier sicherlich um

<sup>102)</sup> E. H. Barbour: Bull. of the geol. Soc. of Am. Vol. 12. 1901. S. 165—72.

einen Absatz aus ein und derselben Quelle. Hierbei kann es sich wiederum um eine aufsteigende Mineralquelle, event. Therme, handeln, oder die Bildung wurde von oberflächlich fließenden Wassern hervorgerufen.

Die Bedingungen für den Ausfall aus der Lösung sind schwer zu ergründen<sup>103)</sup>, doch ist wohl als Ursache das Entweichen der Kohlensäure und das teilweise Verdunsten des Wassers, die eine Änderung in der Konzentration der Lösung, also eine Störung des Gleichgewichts in derselben, hervorrufen, anzusehen. Bei der Bildung durch warme Mineralquellen wird auch die Temperatur eine Rolle spielen, da bei Temperaturverlust auch die Löslichkeitsverhältnisse geändert werden.

In der Regel darf angenommen werden, daß nur herabtropfende Lösungen diese Absätze hervorriefen, da hierbei eine größere Verteilung erfolgte, es sei denn, daß die aufsteigende Quelle so schwach austrat, daß eine weitgehende Infiltration der Sande von unten erfolgte.

Könnte die aufsteigende Quelle nicht austreten, traf sie auf eine schwer oder undurchlässige Schicht von Letten oder Ton, so wurde das aufstrebende Wasser aus seiner Richtung abgelenkt, und ihr Wasser verteilte sich am Kontakt von Sand und Ton, um sich so an der Basis des letzteren nach allen Richtungen zu zerstreuen. Durch das Aufprallen gegen die hangenden Tone und die Verteilung der Wassermassen nach allen Seiten wurde der Gehalt an Gasen und die Temperatur vermindert, was aus obigen Gründen einen Ausfall der schwer löslichsten Körper bewirkte. Beim Heruntertropfen von Sandkorn zu Sandkorn wird der Lösung Gelegenheit geboten, immer mehr Wasser durch Verdunsten abzugeben und den Ausfall gewisser gelöster Stoffe zu beschleunigen.

In den oberen Teilen der Sande wird somit die stärkste Verkittung eintreten und sich allmählich ein fester Sandstein bilden. Nach unten hin werden die Sande immer weniger verkittet werden, und immer mehr wird der feste Sandstein sich in konkretionäre Gebilde u. s. w. auflösen. Je tiefer die verkittenden Lösungen drangen, desto verdünnter wurden sie und desto zierlichere Formen konnten die Absätze annehmen.

Beim Schwerspat könnte die Bildung der Absätze aus ein und derselben Lösung angezweifelt werden. Die scheinend geringe Löslichkeit des  $\text{BaSO}_4$  in reinem Wasser (ca. 2,2 mg im l) wird durch die Anwesenheit

gewisser Chloride und Alkalikarbonate sehr erhöht, und auch überschüssige Kohlensäure scheint in dieser Weise zu wirken. Ich habe in früheren Arbeiten<sup>104)</sup> dargetan, daß in einer Menge von Mineralquellen ein verhältnismäßig sehr hoher Gehalt an Ba-Ion nachgewiesen wurde, trotzdem diese einen ziemlich beträchtlichen Gehalt an  $\text{SO}_4$ -Ion besitzen. Ich habe auch schon verschiedentlich auf das Beispiel der Lautentaler Quelle hingewiesen. Diese setzt, ohne nachweisbare Mengen von  $\text{SO}_4$ -Ion zu enthalten, am Quellort weiße Massen von Schwerspat ab, bevor das Wasser mit anderen sulfathaltigen Wassern zusammengetroffen ist. Die Mengen, die hier zum Absätze gelangen, sind immerhin beträchtlich<sup>105)</sup>.

Die cänomanen Grünsande der Gegend von Regensburg sind meist mit kalkigem Zement verkittet. In den großen Kalkbrüchen am Keilberg ist die Bildung von Kalksandsteinen sehr instruktiv zu erkennen. Der cänomane Grünsandstein wird unterlagert von Weiß-Jurakalken, und ihr Hangendes bilden diluviale Schotter, denen Ummengen Jurakalkstücke eingelagert sind. Die Kreidesande sind zur größten Menge zu festem Sandstein verkittet, und nur die untersten Lagen sind anders beschaffen. Die festen Kalke lösen sich auch hier in konkretionäre Massen auf, denen unverkitteter Sand zwischenlagert ist. Die nach unten zu erwartenden Einzelkonkretionen sind hier nicht mehr zur Entwicklung gekommen, da die Verkittung des Kreidesandes schon fast bis zu dessen unterer Grenze angelangt ist und die unterlagernden Weiß-Jurakalke die herabtropfenden Lösungen aufhalten und so die Substanzausscheidung beschleunigen. Statt der zu erwartenden Einzelkonkretionen werden auch hier im Hangenden der schwerer durchlässigen Kalke lang aushaltende konkretionäre Wülste gebildet, die aber an ihrem Aufbau eine Entstehung aus zusammenwachsenden Einzelkonkretionen von Kugelform erkennen lassen.

Wurde das verkittende Mineral, in geringerer Menge zugeführt, so kam es nur zu teilweiser Bildung von Konkretionen. Für das Pliocän der Wetterau ist das Auftreten von Eisenversinterungen sehr charakteristisch. Die Miocänsandsteine von Münzenberg in der Wetterau sind ganz mit Schwerspat, Mangan- und Eisenoxyden imprägniert. Schwerspat hat sich überall eingenistet, die Sandkörner verkittet, Hohlräume erfüllt und in den Hohl-

<sup>104)</sup> Delkeskamp: Siehe Note No. 7, 13, 48.

<sup>105)</sup> Gg. Lattermann: Jahrbuch d. kgl. preuß. geolog. Landesanst. f. 1889. S. 259—83.

<sup>103)</sup> R. Brauns: a. a. O. S. 351 ff.

formen von tierischen und pflanzlichen Resten Krystalle in meßbaren Formen gebildet, gelegentlich auch in Individuen mit Zonarstruktur, deren verschiedene Teilindividuen deutliche Absätze einer dünnen Brauneisenhaut auf bestimmten Krystallflächen besitzen und verschiedene Kombinationen aufweisen. Nur sehr untergeordnet treten diese Mineralstoffe als Verkittungsmittel der Sandsteine auf. Die Verkieselung des Zechsteinkalkes im Odenwald, wie sie sich bei den Aufschlüssen in den Manganbergwerken verschiedentlich ergab, und die Carneol- und Kieselsäureausscheidungen im Buntsandstein, wie sie H. Loretz aus Thüringen beschrieb, gehören auch hierher.

Zum Schlusse seien noch die Konzentrationen auf Kluftflächen erwähnt, die viel zu sehr verbreitet sind, als daß sie an Beispielen erläutert werden müßten. Sie können sehr wohl verhältnismäßig großen Umfang annehmen und sogar zu abbauwürdigen Lagerstätten anwachsen.

Die in den Gesteinsklüften zum Absatz gelangten Mineralstoffe stammen teilweise aus dem Nebengestein.

Ich habe früher schon auf die allzu extreme Ansicht über die Unbrauchbarkeit der Lateralsekretionstheorie hingewiesen und es sollen hier noch einige Bemerkungen folgen. Wohl hat der schlimmste Feind dieser Theorie, Fr. Pošepny, viele Angriffe gegen seine in der „Genesis of ore deposits“ niedergelegten Lehrsätze erfahren, aber nichtsdestoweniger hat sich die Meinung nicht geändert.

Ich habe a. a. O. Kriterien für die Anwendbarkeit der Lateralsekretionstheorie aufgestellt und werde in einem ausführlichen Kapitel einer umfangreichen Arbeit über die Beziehungen des Vulkanismus zur Erzgangfüllung und Mineralquellenbildung des näheren darauf zurückkommen. Hier will ich nur kurz folgendes bemerken:

Wenn auch, wie in Freiberg und Příbram, vielfach die zur Gangfüllung notwendigen Mineralstoffe nicht sämtlich im Nebengestein nachzuweisen sind, so konnten wohl absinkende Wässer einen Teil derselben, die im Nebengestein vorhanden, in die Gangspalten geführt haben. Hier mischten sie sich mit aufsteigendem Mineralwasser und brachten durch gegenseitige Fällung Niederschläge hervor.

Die aufsteigenden Mineralquellen führten ja im allgemeinen wohl andere Mineralstoffe mit sich, namentlich  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  und die Sulfide der Alkalien und Schwermetalle.

Nicht in allen Fällen konnte die Verminderung des Druckes und der Temperatur

und das hiermit verbundene Entweichen der Kohlensäure und anderer, die Löslichkeit gewisser Stoffe begünstigender Gase und das teilweise Verdunsten des Lösungswassers zur Bildung eines Absatzes aus aufsteigenden Wässern genügen. Auch die chemischen Veränderungen an den Salbändern der Erzgänge, die sich als Sericitisierung, Kaolinisierung und Propylitisierung u. s. w. äußern, waren nicht immer — neben den vorhin aufgezählten Erscheinungen — imstande, jene Absätze zu bewirken. — Sie waren zwar sicherlich von Einwirkung, wenn auch nicht in dem Maße, wie es Th. Scheerer glaubte.

Die gegenseitige Unterstützung verschiedener Lösungen scheint von großer Bedeutung für die Füllung der Erzgänge zu sein. Die das Nebengestein auslaugenden Wässer wandern nach den Gangspalten hin und haben bei dem langsamen Herabsickern in genügendem Maße durch Verlust der Kohlensäure und dem teilweisen Verdunsten des Wassers Gelegenheit, Absätze hervorzubringen. Beim Zusammentreffen mit anderen Lösungen, so auch durch Diffusion, wurde die Bildung von Substanzausscheidungen sehr begünstigt, vor allem scheint auch plötzliche Druckvermehrung oder Entlastung mitzuwirken.

Aus der Kohlensäure und den gelösten Silikaten entstehen Karbonate und Quarz; aus gelösten Baryumsalzen und Sulfaten entsteht Schwerspat und durch Schwefelwasserstoff oder gelöste Sulfide werden die schweren Metalle als Sulfide oder Sulfosalze niedergeschlagen.

Für sich allein erscheint die Lateralsekretion wenig geeignet, um etwa sulfidische Erzgänge zu bilden, sie wird beschränkt bleiben für wenige Vorkommen von Fe, Mn, Ba, Ni, Ca und  $\text{SiO}_2$  Gängen.

Doch die vermittelnde Form der beiden Theorien, wie sie von Emmons, Becker und Le Conte vertreten wurde, erscheint mir als die natürlichste.

Nur die gegenseitige Unterstützung von in verschiedener Richtung sich bewegenden Wässern möchte ich noch hinzufügen, ja gerade auf sie besonderes Gewicht legen. Von verschiedener Seite wurde hierauf schon hingewiesen, aber es blieb immer bei flüchtigen Bemerkungen.

Es lassen sich somit die durch Absatz aus wäßriger Lösung entstehenden, epigenetischen Erzlagerstätten auf folgende Weise gebildet denken<sup>106)</sup>:

<sup>106)</sup> In einigen Stücken inhaltlich dasselbe, was Le Conte in den „Discussions at the Virginia Beach Meeting“ zu Pošepnys Ausführungen bemerkte. S. 280 von The Genesis of ore deposits by Fr. Pošepny. 2. Edit. New York 1902.

1. Erzlagerstätten können entstehen aus Wässern verschiedenster chemischer Zusammensetzung, Temperatur und Druck. Vornehmlich werden es alkalische Lösungen gewesen sein, denn diese sind ja die natürlichsten Lösungsmittel der fast überall an Menge überwiegenden metallischen Sulfide. Auch werden Wässer von höherer Temperatur und Druck vorgeherrscht haben, da hierdurch die Lösungskraft bedeutend erhöht wird und bei aufsteigenden Wässern die Bildung von Mineralabsätzen durch allmählichen Verlust an Wärme und Druck in hohem Maße begünstigt wurde.

2. Die Wässer können sich in den verschiedensten Richtungen bewegen. Meist werden aber die aufsteigenden Wässer vorgeherrscht haben, da nur sie die metallischen Sulfide gebracht haben können und sie die durch höhere Temperatur und Druck begünstigten Lösungs- und Absatzverhältnisse besaßen.

3. Die Absätze wurden hervorgerufen durch Änderung in den Lösungsbedingungen, als Abnahme von Druck und Temperatur,

durch Erhöhung der Konzentration durch Verdunsten des Wassers oder durch Entweichen von Kohlensäure und anderer Gase, die für gewisse gelöste Stoffe eine Begünstigung der Löslichkeitsverhältnisse bedeuten.

Durch Vermischung verschiedenartigen und in verschiedener Richtung sich bewegenden Wassers wird ebenfalls eine Fällung gelöster Substanzen erfolgen, und schließlich erweist sich auch die chemische Natur des Nebengesteins als von Einfluß auf die Gangfüllung.

4. Die Wässer erhielten ihre gelösten Bestandteile nur zum kleinen Teile durch Auslaugung der Gesteine. Die meisten Stoffe sind juvenile und entstammen den Magmazentren in Stübelschem Sinne oder der zentralen Region der Erde. Entstammen sie den Gesteinen, so laugten sie zumeist die Gesteine der untersten Teile der Erdrinde, der sogen. Thermosphäre, aus; doch auch die Gesteine der oberen Regionen der Erdrinde und das Nebengestein der Erzgänge haben zur Lieferung der für die Gangfüllung notwendigen Stoffe beigetragen.

## Orts-Register.

- Afrika**, Laterit 307.  
Almaden, Quecksilber 289.  
Alzey, Gips 309.  
Amberg, Eisen 303.  
Appalachen-Region, Eisen 306.  
Artern, Mellit, 309, 310.
- Belgien**, Phosphorite 299, 300.  
Bichling, Eisen 302.  
Bieber, Eisen 302.  
— Schwerspat 309.  
Bingen, Mangan 311.  
Bingerbrück, Mangan 304, 311.  
Bologna, Schwerspat 309.  
Bornholm, Schwefeleisen 297.  
Brokenhill, Silber-Bleierzlager 312.
- Clinton**, Roteisenoolith 296.  
Colombo, Kalkkonkretionen 299.  
Commern, Knottenerze 295.
- Deutschostafrika**, Gelb-Roterde 306.
- Elba**, Eisenerze 289.  
Erzgebirge, Quarzgänge 310, 312.  
Europa, Phosphorit 300.
- Felsberg**, Eisen 293.  
Feuerland, Eisensteinlager 291, 293.  
Flörsheim, Gips 308, 309.  
Föhr, Ton 293.  
Frankfurt a. M., Diluvium 293.  
Frankreich, Phosphorite 300.  
Franzensbad, Schwefelkies 297.  
Freiberg, Erzgänge 315.  
Fritzlar, Eisen 307.  
Fürfeld, Kalk 295.  
Fulda, Kieselsinter 311.
- Gaital**, Kalk 306.  
Ganges, Kalk 302.  
Gießen, Grube Eleonore bei, Eisen 305.  
Gozzo, Kalk 305.  
Gudensberg, Eisen 307.
- Helgoland**, Schwerspat 309.  
Höhgau, Bohnerze 306.  
Holzhausen, Eisen 308.  
Huelva, Kies 289, 295, 296.  
— Eisenerze 291.  
Hungen, Grube Richard, Eisen 306.
- Indien**, Laterit 307.
- Kaiserslautern**, Eisenerze 302.  
Karst, Terra rossa 305.  
Köppern, Mangan 304.
- Kressenberg, Eisenoolith 296.  
Kreuznach, Rotliegendes 293.  
— Barytsandstein 294, 312, 313.  
— Septarienton 309.
- Laachersee**, Eisenoocker 301.  
Lahntal, Phosphorit 308.  
— Mangan 303, 305, 311.  
Laibach, Ton, Eisenerze 306.  
Lake Superior, Kupfer 289.  
Langenlohnshiem, Rotliegendes 293.  
Las Cabesses, Mangan 295.  
Lautental, Schwerspat 314.  
Lebach, Sphärosiderit 295.  
Leipzig, Phosphoritknollen 291, 299, 300.  
Lindner Mark, Mangan 303, 304, 311.  
Lothringen, Minetto 296.  
Lybische Wüste, Eisen, Mangan 302.
- Malabar**, Laterit 307.  
Mainzer Becken, Gips 308.  
Malta, Kalk 305.  
Marienbad, Schwefelkies 297.  
— Brauneisenstein 298.  
Mechernich, Knottenerze 295.  
Meiningen, Kalk 293.  
Messel, Messelit 309.  
Münzenberg, Sandsteine 314.  
— Schwerspat, Mangan 314.
- Nackers**, Eisen 308.  
Nebraska, mit Kalkspat verkittete Sandsteine 313.  
Nenkersdorf, Schwerspat 309.  
Niedertiefenbach, Mangan 311.  
Nil, Kalk 302.  
Norddeutschland, Phosphorit 300.  
Nubien, Eisen, Mangan 302.
- Oberhessen**, Mangan 303.  
— Hornstein 308.  
— Basalteisenstein, Beauzit 310.  
Ober-Roßbach, Mangan 293, 303, 304, 311.  
— Eisen 306.  
Oberschlesien, Eisenoolith 296.  
Odenwald, Eisen 301, 303.  
— Felsenmeer 293.  
— Schwerspat 309.  
— Verkieselung des Zechsteinkalkes 315.  
Offenbach, Rupelton 308.
- Paris**, Gips 301, 309.  
Pfibram, Erzgänge 315.
- Regensburg**, Grünsande 314.  
Rheinessen, Kalk 294.  
Rheinland, manganhaltige Kalkkonkretionen 294, 295.  
Rheinisches Schiefergebirge, Quarzgänge 310, 312.  
Rio Tinto, Eisenerze 291.  
Rocksberg, Dachschiefer, Sphärosiderit 295.  
Roßberg, Phosphorit 308.  
Rotes Meer, Gips 311.
- Schwaben**, Eisensandstein 302.  
— Lettenerze 306.  
Schwarzes Meer, Schwefeleisen 296.  
Schweiz, Eisenoolith 296.  
Sinai, Gips 311.  
Sonthofen, Eisenoolith 296.  
South Shields, Septarien 302.  
Sperenberg, Gips 309.  
Spessart, Eisen 301, 302.  
Stromberg, Stringocephalkalk 293.  
— Mangan 304, 311.  
Süd-Dakota, mit Kalkspat verkittete Sandsteine 313.  
Sunderland, Septarien 302.  
Surinam, Laterit 307.
- Taunus**, Quarzgänge 312.  
Thüringen, Carneol- und Kieselsäureausscheidung im Buntsandstein 315.  
Thüringerwald, Sphärosiderit 295.  
Tivoli, Kalziumkarbonat 291.
- Urach**, Kalziumkarbonat 291.
- Villach**, Bohnerze 306.  
Vogelsberg, Basalteisenstein 308, 310.  
— Beauzit 310.  
Vogtland, Phosphorit 300.
- Wadi Nasb**, Eisen 302.  
Walderbach, Roteisenstein 312.  
Wehr, Eisenoocker 301.  
Weinheim, Kalk 295.  
Werfen, Kalk 306.  
Werra, Kalk 293.  
— Kieselsinter 311.  
Westafrika, Laterit 307.  
Wetterau, Eisen 306.  
— Mangan 311.  
— Eisenversinterung 314.  
Wiesloch, Galmei 312.  
Württemberg, Eisenoolith 296, 306.
- Yellowstone-Nationalpark**, Kiesalgen 291.



# Sach-Register.

- Absätze** aus Lösung, Bedingungen 314.  
**Adsorptionserscheinungen** 291, 295, 300, 312.  
**Anamesit**, Oberhessen 310.  
**Auslesende Sedimentation** 291.
- Basalteisenstein**, Vogelsberg 308, 310.  
**Beauxit**, Vogelsberg 308, 310.  
**Blei**, Brokenhill 312.  
**Bohnerze**, Höhgau 306.  
— Marienbad 298.  
— Villacher Alp 306.
- Carneol**, Thüringen 315.
- Dachschiefer**, Rocksberg 295.  
**Devon**, Walderbach 312.  
**Differentiation**, magmatische 290.  
**Diluvium**, Frankfurt a. M. 293.  
**Dolomitknollen**, Kreuznach 293.  
— Langenlohnshem 293.
- Edelsteinseifen**, Entstehung 293.  
**Eisen**, Bildung der Erze 298, 301.  
— Amberg 303, 305.  
— Appalachen-Region 306.  
— Bichling 302.  
— Bieber 302.  
— Elba 289.  
— Felsberg 307.  
— Feuerland 291, 293.  
— Fritzlar 307.  
— Gudensberg 307.  
— Holzhausen 308.  
— Huelva 291.  
— Hungen 306.  
— Kaiserslautern 302.  
— Laibach 306.  
— Lybische Wüste 302.  
— Marienbad 298.  
— Nackers 308.  
— Nubien 302.  
— Ober-Roßbach 306.  
— Odenwald 301.  
— Rio Tinto 291.  
— Schwaben 302.  
— Spessart 301.  
— Vogelsberg 308.  
— Wadi Nasb 302.  
— Walderbach 312.  
— Wetterau 306.
- Eisenerocker**, Wehr 301.  
**Eisenooolithe**, Clinton 296.  
— Kressenberg 296.  
— Oberschlesien 296.  
— Schweiz 296.  
— Sonthofen 296.
- Eiserner Hut**, Anreicherungsprozesse 308.
- Erzgänge**, Genesis 315.  
— Freiberg 315.  
— Pflibram 315.
- Erzkonzentrationen**, Erkennung 289.
- Erzlagerstätten**, Genesis 311, 315.  
— diagenetische 291, 302.  
— metasomatische 312.
- Feuerstein**, Bildung 302.
- Galmei**, Wiesloch 312.  
**Gelb-Roterde**, Deutsch-Ostafrika 306.
- Genesis**, Basalteisenstein 310.  
— Beauxit 310.  
— Bohnerze 298, 306.  
— Edelsteinseifen 293.  
— Eisenerze 298, 301.  
— Erzlagerstätten 315.  
— Goldseifen 293.  
— Kieselsäure 302.  
— Kupferschiefer 295, 300.  
— Manganerz 298, 303, 304, 311.  
— Metallseifen 293.  
— Phosphorit 308.  
— Quarzgänge 312.  
— Schwefelkies 296.  
— Terra rossa 305.  
— Zinnseifen 293.
- Gips**, Bildung 301, 308, 311.  
— Alzey 309.  
— Flörsheim 308, 309.  
— Mainzer Becken 308, 309.  
— Paris 301, 308.  
— Rotes Meer 311.  
— Sinai 311.  
— Spereberg 308.
- Glaukonitbildungen**, Entstehung 296.
- Goldseifen**, Entstehung 293.  
**Grünsande**, Regensburg 314.
- Höhlenlehm** 305.  
**Hornstein**, Bildung 303.  
— Oberhessen 308, 310.
- Kalk**, Analyse 303.  
— Konzentrationen im Löß 309.  
— Verkieselung 315  
— am Grunde der Tiefsee 298.  
— Colombo 299.  
— Fünfelfeld 295.  
— Ganges 302.  
— Gozzo 305.  
— Kreuznach, 293.  
— Langenlohnshem 293.  
— Lindner Mark 304.  
— Malta 305.  
— Meiningen 293.  
— Nil 302.  
— Rheinhessen 294.  
— Rheinland 295.  
— Stromberg 293.  
— Weinheim 295.  
— Werra 293.
- Kalkphosphat**, Bildung 300.  
**Kalksandsteine**, Bildung 312.  
— Keilberg 314.
- Kalkspat**, Nebraska 313.  
— Süd-Dakota 313.
- Kalziumkarbonat**, Urach 291.  
— Tivoli 291.
- Kaolin**, Bildung 311.
- Kieselalgen**, Yellowstone-Nationalpark 291.
- Kieselsäure**, Genesis 302.  
— Konzentrationen 302.  
— Fulda 311.  
— Thüringen 315.  
— Werra 311.
- Kieselsandsteine**, Bildung 312.  
**Knottenerze**, Commern 295.  
**Konzentration**, Begriff 289.  
— magmatische 289, 290.
- Korallenkalk**, Umwandlung in Gips 311.  
**Krystallisation** 290.  
**Kupfer**, Lake superior 289.  
**Kupferschiefer**, Genesis 295, 300.
- Lateralsekretion** 315.  
**Laterit**, Analyse 307.  
— Konzentrationen 306 310.  
— Afrika 307.  
— Deutsch-Ostafrika 306.  
— Indien 307.  
— Malabar 307.  
— Surinam 307.  
— Westafrika 307.
- Lettnererze**, Schwäbische Alp 306.  
**Löß**, Kalkkonzentrationen 309.  
— Werratal 293.
- Mangan**, Bildung 298, 303.  
— am Grunde der Tiefsee 294, 298.  
— Bingen 311.  
— Bingerbrück 304, 311.  
— Köppern 304.  
— Lahntal 303, 311.  
— Las Cabesses 295.  
— Lindner Mark 303, 304.  
— Lybische Wüste 302.  
— Niedertiefenbach 311.  
— Nubien 302.  
— Oberhessen 303.  
— Ober-Roßbach 293, 303, 304, 311.  
— Odenwald 303, 309.  
— Rheinland 294.  
— Stromberg 304, 311.  
— Wetterau 311.
- Markasit**, in Mooren 310.  
**Mellit**, Arten 309, 310.  
**Messelit**, Messel 309.  
**Metallseifen**, Entstehung 293.  
**Mineralquellen**, Absätze, Niederschläge 293, 294, 301, 310, 314.  
— Lautental 314.
- Mineralsandsteine**, Entstehung 312.  
**Minette**, Lothringen 296.  
**Miocän**, Münzenberg 314.  
**Moorerze**, Bildung 298.
- Opal**, Fulda 311.

- Phosphat**, Konzentrationen 299.  
**Phosphorit**, Bildung 308.  
 — Belgien 299, 300.  
 — Europa 300.  
 — Frankreich 300.  
 — Lahntal 308.  
 — Leipzig 291, 299, 300.  
 — Norddeutschland 300.  
 — Roßberg 308.  
 — Vogtland 300.  
**Pliocän**, Wetterau 314.
- Quarzgänge**, Genesis 312.  
 — Erzgebirge 310, 312.  
 — Rheinisches Schiefergebirge 310, 312.
- Quecksilber**, Almaden 289.
- Rotliegendes**, Kreuznach 293.
- Sandsteine**, Bildung 312.  
 — Münzenberg 314.  
 — Nebraska 313.  
 — Süd-Dakota 313.
- Schwefeleisen**, Bildung 296.  
 — in Mooren 297, 310.  
 — Bornholm 297.  
 — Franzensbad 297.  
 — Huelva 289, 295, 296.  
 — Marienbad 297.  
 — Schwarzes Meer 296.
- Schwerspat**, am Grunde der Tiefsee 298.  
 — Bologna 309.  
 — Helgoland 309.  
 — Lautentaler Quelle 314.  
 — Münzenberg 314.  
 — Nenkersdorf 309.  
 — Odenwald 309.
- Schwerspatsandstein**, Bildung 312.  
 — Kreuznach 294, 312.
- Schiefer**, Schwaben 296.  
**Seerzè**, Bildung 298.
- Septarien**, South Shields 302.
- Silber**, Brokenhill 312.
- Sphärosiderite**, im Tonschiefer 295.  
 — Lebach 295.  
 — Rocksberg 295.  
 — Thüringerwald 295.
- Steinsalz**, Bildung 300, 301.  
**Sumpferze**, Bildung 298.
- Ton**, Appalachen-Region 306.  
 — Föhr 293.  
 — Frankfurt a. M. 293.  
 — Kreuznach 309.  
 — Laibach 306.  
 — Lindner Mark 304.  
 — Offenbach 308.
- Tongallen**, im Sandstein 292.
- Terra rossa**, Genesis 305.
- Zechstein**, Kupferschiefergenesis 295.  
 — Odenwald 315.
- Zink**, Wiesloch 312.  
**Zinnseifen**, Entstehung 293.

## Autoren-Register.

- Androussow**, N., 296, 297.
- Backenell**, 297.
- Barbour**, E. H., 313.
- Bauer**, M., 306, 310.
- Beck**, R., 291, 292, 295, 296, 311.
- Becker**, 315.
- Bellinger**, J., 311.
- van Bemmelen**, M., 298.
- Bischof**, 297.
- Blanford**, H. F., 307.
- du Bois**, G. C., 307, 310.
- Bornemann**, 293.
- Bornhardt**, W., 306.
- Brauns**, R., 290, 296, 300, 301, 311, 314.
- Bücking**, H., 302.
- Carlsson**, C. J., 293.
- Challenger**, 294, 298, 303.
- Chelius**, C., 293, 303, 310.
- Clarke**, F. W., 289.
- Cornet**, J., 300.
- Credner**, H., 299, 300.
- Delkeskamp**, R., 289, 294, 301, 303, 304, 306, 312, 314.
- Doelter**, C., 307.
- Emmons**, S. F., 315.
- Fischer**, P., 299.
- Forchhammer**, 297.
- Fraas**, E., 296, 306.
- Frantzen**, W., 293.
- Freiesleben**, C., 295.
- Fuchs**, 297, 305.
- Garwood**, E. J., 302.
- Gautier**, 300.
- v. Gümbel**, W., 294, 299.
- Guppy**, 305.
- Gürich**, G., 291.
- Hanssen**, H., 302, 303.
- Hausmann**, J. F., 311.
- Hermann**, 307.
- Hillebrand**, W. F., 289.
- Hofmann**, A., 297.
- Hopkins**, T. C., 303.
- Irvine**, 299, 302.
- John**, V., 307.
- Jones**, 299.
- Klockmann**, F., 289, 295, 296.
- Kohler**, E., 295, 300, 303, 312.
- Krahmann**, M., 289.
- Kruft**, L., 300.
- Lacroix**, A., 301, 309.
- Lake**, Ph., 307.
- Laspeyres**, H., 294.
- Lattermann**, G., 314.
- Le Conte**, J., 315.
- Lenz**, O., 307.
- Liebrich**, A., 310.
- Lipold**, M. V., 306.
- Lorenz**, 305.
- Loretz**, H., 315.
- Medlicott**, 307.
- Murray**, M., 299, 302, 305.
- Neumayr**, M., 305.
- Ochsenius**, C., 300, 301.
- Palla**, E., 311.
- Peshuel-Loesche**, 307.
- Petersen**, Th., 308, 309, 310.
- Pompeckj**, J. F., 296, 303.
- Pošepny**, F., 295, 315.
- Posewitz**, Th., 307.
- Ratzel**, F., 293.
- Renard**, 299, 300.
- Reyer**, 290.
- Rössler**, H., 311.
- Russegger**, 302.
- Russel**, J. C., 306.
- v. Sandberger**, F., 308.
- Scheerer**, Th., 315.
- Schmidt**, A., 311.
- Sjögren**, H., 293, 298.
- Spandel**, E., 293.
- Stapff**, F. M., 298.
- Stein**, C. A., 308.
- Stelzner**, A. W., 306.
- Stübel**, 316.
- Uhl**, 304.
- Villain**, F., 296.
- Vogt**, J. H. L., 289, 298.
- Walther**, J., 296, 297, 299, 301, 302, 303, 305, 311.
- Weinschenk**, E., 311.
- van Wervecke**, L., 296.
- Wibel**, F., 309.
- Wittich**, E., 309.
- Wohltmann**, F., 306.