

Einteilung und Systematik der Minerallagerstätten

Autor(en): **Niggli, Paul**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen
= Bulletin suisse de minéralogie et pétrographie**

Band (Jahr): **1 (1921)**

Heft 3-4

PDF erstellt am: **19.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-1606>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Einteilung und Systematik der Mineral- lagerstätten.

(Nach einem auf der Versammlung der schweizerischen naturforschenden Gesellschaft in Schaffhausen in der geologisch-mineralogischen Sektion gehaltenen Vortrag.)

Von
Paul Niggli.

Im großen stehen die beschreibenden Wissenschaften den gleichen Problemstellungen gegenüber. Was Botanik, Zoologie und Mineralogie von einander unterscheidet, ist weniger der Ideengehalt, der in ihnen zum Ausdruck kommt, als das verschiedene Stoffliche, auf das sie sich beziehen; aber auch im Stofflichen finden wir etwas Gemeinsames. Die Gegenstände, mit denen sich die genannten Wissenschaften beschäftigen, sind Naturprodukte. Botanik, Zoologie und Mineralogie gehen darauf hinaus, uns die Natur, in der wir leben, verständlich zu machen. Ihre Hauptaufgabe ist es, nach dem Gesetzmäßigen im Ablauf natürlicher Vorgänge zu forschen und die Umwelt in ihrem Sein und Werden zu analysieren. Das wird ermöglicht durch genaue Untersuchung der *E i n z e l i n d i v i d u e n*, mit denen die Wissenschaften es zu tun haben. Der Naturforscher versucht zunächst die verschiedenen Eigenschaften, die ein Einzelkörper aufweist, miteinander in Beziehung zu setzen und das Verhalten äußeren Einflüssen gegenüber von einheitlichem Gesichtspunkte aus zu verstehen. Allgemeine und spezielle Mineralogie, in ihrem üblichen Umfange, vermitteln beispielsweise eine derartige Kenntnis von den homogenen anorganischen Naturkörpern.

Jedoch damit ist die Aufgabe, die der Forscher sich stellen muß, nur zum Teil in Angriff genommen. Ein Individuum, sei es nun eine Pflanze, ein Tier oder ein Mineral, tritt in der Natur nicht isoliert auf. Es ist das Glied einer höheren Gemeinschaft, bis zu einem gewissen Grade ein Produkt seiner Umwelt. Und wie in der Biocoenologie die Tier- und Pflanzen-

gemeinschaften studiert werden, müssen wir in einer Lehre von den Mineralverbänden und den Minerallagerstätten die Gesetze, die dem Zusammenvorkommen der Mineralien zugrunde liegen, kennen lernen. Eine solche umfassende Lehre bezeichnen wir am besten als *Minerocoenologie*, mit einem Namen, der uns zugleich zeigt, in welcher Beziehung sie mit der Klassifikation der biologischen Wissenschaften steht.

Das Studium gewisser Mineralassoziationen ist nichts Neues. In der Gesteinslehre hat man versucht, sich ein Bild von dem Werden und Vergehen jener Minerallagerstätten zu machen, die in größerem Maße an dem Aufbau der Erdkruste teil haben. Die Erzlagertstättenkunde andererseits hat Aufschluß gegeben über Mineralgemeinschaften von hüttenkundlichem Interesse. Aber erst in allerneuester Zeit hat man erkannt, daß das Zusammenvorkommen der Mineralien von einheitlichem Gesichtspunkte aus studiert werden muß, ohne Rücksicht auf technische oder wirtschaftliche Bedeutung.

Versuchen wir eine solche allgemeine Minerocoenologie ihrem Wesen nach zu umschreiben. Wir können uns dabei mit Vorteil der Erfahrungen bedienen, welche die Biocoenologie gesammelt hat. Vom systematischen Standpunkte aus würde sie in vier Hauptteile zerfallen:

1. In eine analytische Untersuchung der Mineralgesellschaften in qualitativer und quantitativer Hinsicht. Das Methodische einer solchen Untersuchung ist zum größten Teil erst noch zu schaffen. Wenn es sich auch in jedem Einzelbeispiel nach der Art der betreffenden Association richtet, gibt es allgemeine Prinzipien, die befolgt werden müssen. Insbesondere wird, wie beim Studium eines jeden Kollektivgegenstandes, die Anwendung der mathematischen Statistik eine große Rolle spielen. In unserem Falle handelt es sich besonders darum, ein Bild von der Art und Verteilung der Mineralien zu erhalten, die eine Association zusammensetzen. Es muß dies in einer so übersichtlichen und möglichst zahlenmäßig fundierten Weise geschehen, daß Vergleiche mit anderen Vorkommnissen leicht durchzuführen sind. Wir müssen aber nicht nur über die Mengenverhältnisse der Mineralien Aufschluß erlangen, sondern auch über die Art, wie sich die chemischen Stoffe auf die einzelnen Verbindungen verteilen. Zweckmäßig wird man sich zuerst für eine bestimmte

Terminologie entschließen. Folgendes möchten die bezüglichlichen Vorschläge sein. Gilt es die allgemeine Verbreitungsweise einer Mineralart innerhalb eines in genetischem Sinne zusammengehörigen Untersuchungsgebietes festzustellen, so werden für eine Uebersicht Abstufungen einer fünfstelligen Skala genügen. Sie würde etwa lauten:

- a. gemein, b. verbreitet, c. zerstreut, hie und da,
d. spärlich, e. selten, zur Seltenheit.

Natürlich wird man, wenn immer möglich, durch statistische Bearbeitung, mit diesen Wörtern bestimmte Zahlenwerte verbinden. Ein gemeines Mineral wäre eines, das in sozusagen allen Untergesellschaften des betreffenden Untersuchungsgebietes auftritt, ein seltenes eines, das in nur sehr wenigen vorhanden ist. Die gleiche Terminologie wird anwendbar sein, wenn man aus örtlich verschiedenen, aber ihrer Entstehung und Ausbildung nach homologen Associationen einen allgemeinen Welttypus konstruiert. Bekanntlich existiert beispielsweise ein in seiner Ausbildung durchaus einheitlicher Typus von Zinnsteinlagerstätten, der in den verschiedensten Teilen der Erde auftritt. Eine erste statistische Bearbeitung dieser Vorkommnisse zeigt folgendes: In allen Fällen ist mit Zinnstein der Quarz vergesellschaftet. Die Mineralien: Feldspat, Glimmer, Fluorit, Wolframit, Topas, Turmalin, Kupferkies, Bleiglanz, Arsenkies, Pyrit finden sich in 90 bis 75 % der diesbezüglichen Lagerstätten. Alle diese sind also für diesen Typus der Zinnsteinlagerstätten gemeine Mineralien. In 70—50 von 100 Fällen wird auch Wismut oder Wismutglanz, Molybdänit und Magnetit angegeben. Es sind das darin verbreitete Mineralien.

Zu etwa 50 bis 30 % verbreitet sind nach den zur Verfügung stehenden Angaben: Zinkblende, Scheelit, Apatit, Hämatit, Zinnkies, Magnetkies, Chlorit und Kaolin. Sie treten somit in dieser Association zerstreut auf. Spärliche und seltenere Mineralien gibt es eine große Anzahl. Sie alle hier zu nennen, würde zu weit führen; doch möchte ich darauf hinweisen, daß sehr oft die Kenntnis nur untergeordneter Mineralien erst recht das Bild einer Lagerstätte abrunden hilft.

Neben der Art der Verbreitung müssen wir wissen, in welchen Mengen die Mineralien in einer Gesellschaft auftreten. Eine fünfstellige Skala würde hier lauten: 1. in großer Menge, 2. in Menge, 3. in noch erheblichen Mengen,

4. sparsam, in spärlichen Mengen, 5. nur vereinzelt, in ganz untergeordneter Menge oder isoliert. So treten von den vorhin genannten gemeinen Mineralien der Zinnsteinlagerstätten durchaus nicht alle in großer Menge auf, während anderseits seltene Mineralien da, wo sie vorkommen, in wesentlichem Maße an der Zusammensetzung der Gesamtassociation teilhaben können. Durch die Beurteilung beider Faktoren sind wir imstande, eine Association mineralogisch zu charakterisieren. Gemeine, verbreitete und im Typus zum mindesten in erheblichen Mengen auftretende Mineralien werden zu Hauptgemengteilen, die man weiter in vorherrschende und mitbestimmende unterscheiden kann. Gemeine, verbreitete und in geringen Mengen auftretende Mineralien nennt man Nebengemengteile. Für den Typus der Association nicht notwendige Bestandteile, die nur dann und wann auftreten, sind die Uebergemengteile.

An die mineralogische muß sich die chemische Charakteristik anschließen. Eine Bauschanalyse wird in manchen, wenn auch nicht in allen Fällen, einen ersten Anhaltspunkt geben. Aber im Hinblick auf später zu stellende Fragen nach der Genesis der Mineralgesellschaften muß auch der Art der Verbindungen Aufmerksamkeit geschenkt werden. Diese Untersuchung wird zweckmäßig parallel gehen mit einer strukturellen, welche über die Ausscheidungsfolge Klarheit verschafft. Da hat mir bei vergleichenden Studien folgende Darstellungsweise gute Dienste geleistet. Man schreibt die Mineralien einer Paragenesis in der Reihenfolge ihrer beginnenden Auskristallisation, soweit diese einigermaßen feststeht, auf und gibt ihre Zusammensetzung in Gewichts- oder noch besser in Molekularprozenten der wichtigern Bestandteile an. So bekommt man eine Uebersicht über den chemischen Gang der Mineralbildung und zugleich einen Einblick in die Art der Kombination der chemischen Elemente. Ein Beispiel soll dies veranschaulichen. Die von W. C. Brögger in vorbildlicher Weise untersuchten Nephelinsyenit-Pegmatitgänge des Kristianiagebietes sind dazu geeignet (siehe Tabelle 1).

Wir sehen aus der Tabelle 1, daß zu den Erstausscheidungen Mineralien vom Charakter der silikotelen Nebengemengteile der normalen Eruptivgesteine gehören. Apatit als Calciumphosphat, Titanit und Pyrochlor als Calcium-Titanverbindungen, letztere zugleich reich an Nb und Ta. Es ist zu bemerken, daß auch Calcium im nephelinsyenitischen Magma an

(Die Zahlen bedeuten Gew. % zumeist der Oxide, sofern die Mineralien von hier analysiert wurden.
Sonst bedeuten x anwesend in Mengen von 1–5 %, xx 5–10 % oder xxx mehr %.)

[illegible]

Tab. 2. Anteil der verschiedenen Verbindungen in Prozentzahlen der vorhandenen verschiedenen Mineralarten für die Typen der Zirkontitan-silikatpegmatite (Krist. I und Grönland), der Niobat-Tantalatpegmatite (Krist. II) und der Niobat-Tantalat-Manganphosphatpegmatite (Tammela).

	Nephelin- syenit- pegmatite d. Kristiania- gebietes I	Pneumatoly- tische Mine- ralassocia- tion v. Nar- sarsusk (Grönl.)	Granit- pegmatite d. Kristiania- gebietes II	Granit- pegmatite v. Tammela (Finnland)
Si	69	69	44	50
Al	31	31	25	50
Fe	49	38	58	66
Mg	11	8	4	12
Ca	60	38	37	16
Na	56	62	8	21
K	20	23	8	21
Li	—	5	—	16
Cs	—	—	—	—
H	40	38	29	25
Zr	23	23	8	—
Ce	14	21	17	—
Th	9	—	13	—
U	—	—	15	—
Ti	23	13	17	4
Nb Ta	14	8	23	16
Y	9	5	27	—
La Di	9	10	17	—
Sr	—	2	—	—
Ba	—	5	—	—
Be	3	5	6	8
Mn	17	10	12	25
P	6	2	6	25
B	6	—	2	4
F	31	31	13	8
Cl	3	5	—	—
W Sn	—	2	6	12
Mo	3	—	2	—
S	14	5	15	4
As	3	—	—	8
Zn	3	2	2	—
Pb	3	2	2	—
Cu	3	—	6	4
C	6	15	2	—

sich ein sehr untergeordneter Bestandteil ist. In die gleiche Gruppe gehören titanhaltiger Magnetit und als Arsenverbindung: Löllingit. Dann folgt eine Reihe für nephelinsyenitische Pegmatite höchst charakteristischer Mineralien. Es sind vorwiegend fluorhaltige Zirkonsilikate, die gegen das Ende auch Ce, La, Dy und Bor führen. Ungefähr gleichzeitig beginnt die Auskristallisation der Hauptgemengteile. Die dunklen sind Calcium- oder Alkali-Ferrisilikate, die hellen Natrium-Alumosilikate. Die nächste Phase ist typisch pneumatolytisch mit Calciumfluorid, Zirkon, einer manganreichen Fluorverbindung, sowie Erzen. Den Abschluß bilden die Zeolithe, das heißt, wasserhaltige Silikate und schließlich Calcit. Die nähere Betrachtung der Tabelle gestattet uns festzustellen, welche Elemente bei dieser Mineralbildung gerne zusammengehen. Die Art, wie sich das vorteilhaft darstellen und graphisch erläutern läßt, kann leider hier nicht mitgeteilt werden.

Hingegen soll noch eine zusammenfassende Darstellung erwähnt werden, die gestattet, den chemischen Charakter der Mineralassociation zahlenmäßig festzuhalten. Wir berechnen, wie viele von den auftretenden verschiedenen Mineralarten die einzelnen Elemente, beziehungsweise Oxyde, in Quantitäten um 1 oder mehr Gewichts % enthalten und geben diese Zahlen in Prozenten an. Es bedeutet also in Tabelle 2 Kristiania gebiet I : $Si = 69$, daß in dieser Mineralgesellschaft 69 % der auftretenden Verbindungen SiO_2 in größeren Quantitäten enthalten usw. Diese Zusammenstellung, neben einer chemischen Bauschanalyse, würde den Typus vollkommen chemisch charakterisieren. Daß dies tatsächlich der Fall ist, zeigt ein Vergleich mit anderen Mineralassociationen. Die von Narsarsusk (Grönland) ist in genetischer Hinsicht durchaus analog. Es ist auch große Uebereinstimmung in den Werten erkennbar. Es treten im wesentlichen nur etwas mehr calciumhaltige und etwas weniger titanhaltige Verbindungen auf. Granitpegmatite von Kristiania II oder Tammela (Tab. 2) hingegen gehören ganz anderen Typen an. Zirkonium tritt ganz zurück, Tantal-Niobverbindungen nehmen zu. Man wird auch ohne weitere Erläuterungen verstehen, wie auf Grund solcher und ähnlicher Untersuchungen die Mineralagerstätten beschrieben und gegen einander abgegrenzt werden können.

Jedoch auch Textur und Struktur müssen berücksichtigt werden, und vor allem ist da, wo man es mit Kristallen

zu tun hat, auf den Habitus acht zu geben. Wir wissen ja, daß die Tracht eines Minerals ein sehr feines Reagens auf die äußeren Umstände darstellt. Es ist daher die Häufigkeit des Auftretens der verschiedenen Flächen und die Konstanz einer Form in den diversen Kombinationen ein und derselben Mineralart nachzuprüfen.

Ein Beispiel möge auch hier zur Veranschaulichung dienen.

Die Zahl, die angibt, wie häufig eine Kristallform in den verschiedenen Kombinationen einer Mineralart auf einer Lagerstätte auftritt, wollen wir *Persistenzzahl* nennen. Um Vergleichswerte zu bekommen, geben wir sie in Prozenten der Gesamtzahl vorhandener, verschiedener Kombinationen an. Je größer die Zahl, umso persistenter ist in dem betreffenden Vorkommnis die zugehörige Form. So hat beispielsweise A. Sansoni von St. Andreasberg im Harz 359 verschiedene Kombinationen von Kalkspat zusammengestellt. Nur 11 Formen kommen in mehr als 8 % dieser Kombinationen vor. Untersuchen wir die speziellen Persistenzzahlen dieser 11 Formen, so erhalten wir ein Bild von dem, was trotz der Mannigfaltigkeit das Charakteristische im Habitus des Kalkspates dieser Lagerstätte ausmacht. Vergleichen wir die Werte etwa mit gleich errechneten Persistenzzahlen für ein anderes Vorkommnis (z. B. Freiberg in Sachsen), so wird uns der Unterschied der Kalkspatkristallisation auf beiden Lagerstätten klar; er muß eine genetische Ursache haben.

Form		Persistenzzahlen	
Bravais	Miller	St. Andreasberg i. Harz	Freiberg i. Sachsen
(10 $\bar{1}$ 0)	(2 $\bar{1}$ 1)	54,3 %	72 %
(0001)	(111)	45,1 %	26 %
(01 $\bar{1}$ 2)	(110)	34,0 %	78 %
(40 $\bar{4}$ 1)	(3 $\bar{1}$ 1)	32,6 %	unter 8 %
(02 $\bar{2}$ 1)	(1 $\bar{1}$ 1)	30,1 %	15 %
(11 $\bar{2}$ 0)	(10 $\bar{1}$)	23,4 %	unter 8 %
(10 $\bar{1}$ 1)	(100)	13,9 %	18,5 %
(32 $\bar{5}$ 1)	(30 $\bar{2}$)	12,5 %	13 %
(21 $\bar{3}$ 1)	(20 $\bar{1}$)	12,3 %	11 %
(43 $\bar{7}$ 1)	(40 $\bar{3}$)	9,5	} unter 8 %
(03 $\bar{3}$ 2)	(55 $\bar{4}$)	8,6	
(31 $\bar{4}$ 2)		unter 8 %	13 %

2. Ein zweiter Hauptteil der Minerocoenologie hat sich mit dem Studium des Vorkommens und der Verbreitung der Minerallagerstätten zu befassen. Er ist geographisch und geologisch orientiert. Insbesondere ist auf die geologische Situation und Altersbestimmung Wert zu legen.

3. Sind diese beiden ersten Teile durchaus beschreibender Natur, so hat man in zwei anderen Kapiteln der Minerocoenologie zu versuchen, das So- und Nichtanderssein zu verstehen. Der dritte Teil wird einem Studium der Entstehung der Minerallagerstätten und der Beziehungen der einzelnen Mineralarten zu einander gewidmet sein. Man wird zunächst festzustellen haben, ob die Mineralien einer Lagerstätte während eines Prozesses entstanden sind (isogenetisch) oder ob sie verschiedenen Mineralisationsepochen angehören (heterogenetisch). Ein Einzelmineral kann in Bezug auf einen Vorgang primär, sekundär oder reliktil sein. Die Mineralbildung selbst kann nur als physikalisch-chemischer Vorgang verstanden werden. Experimentelle und theoretische Untersuchungen, gestützt auf die genauen Beobachtungen, werden in den meisten Fällen zum Ziele führen.

4. Allein schon das Kapitel zwei wird uns gezeigt haben, daß auch die Mineralgesellschaften nicht regellos nebeneinander vorkommen, sondern daß sie selbst wieder in charakteristischen höheren Verbänden stehen. Das Studium dieser Beziehungen muß einem besonderen Kapitel vorbehalten werden. Es handelt von den sogenannten provinziellen Verhältnissen, den Mineral- und Gesteinsprovinzen. Die Provinzen können in lateralem oder temporalem Sinne genommen werden, wobei dann zwischen provinziell typomorphen und präprovinziellen bzw. postprovinziellen Mineralien zu unterscheiden ist. Vor allem gilt es hier, die Hauptsukzessionen der Mineralisationsepochen zu ergründen, Primär- und Sekundärserien zu unterscheiden und die Abhängigkeit vom geologischen Geschehen mit seinen Zyklen klarzustellen.

5. Sind diese Aufgaben im einzelnen durchgeführt, so werden die Ergebnisse sich in einer zweckmäßigen Klassifikation der Mineralassoziationen und Minerallagerstätten zusammenfassen lassen. Diese wird

uns einen Ueberblick geben über die Art und Weise, in welcher in der Natur Mineralien und ihre charakteristischen Verbände entstehen. Es möge versucht werden, heute schon ein derartiges Bild vor unseren Augen zu entrollen.

Folgendes Schema mag eine erste Uebersicht einer derartigen Einteilung der Minerallagerstätten und Mineralbildungsprozesse bieten:

I. Magmatische Bildungen und magmatische Lagerstätten (magmatisch i. w. S.).

1. **Von intramagmatischem Charakter** (*Bildungen im erstarrenden Gesteinsmagma oder in silikatreichen, magmatischen Nachschüben.*)
2. **Von perimagmatischem Charakter.** (*Bildungen aus oder unter der Mitwirkung von pneumatolytischen Lösungen und Dämpfen im Bereich der Kontaktzone, bei relativ hohen Temperaturen.*)
3. **Von apomagmatischem Charakter.** (*Bildungen aus oder unter der Mitwirkung ascendenter, hydrothormaler Lösungen oder Dämpfe, mittlerer oder wenig erhöhter Temperaturen.*)

II. Sedimentäre und mit Sedimentbildung in Zusammenhang stehende Bildungen und Lagerstätten.

1. Mineralbildungen in der Verwitterungszone und in der Zone der Zirkulation des Grundwassers.
2. Mechanisch-sedimentäre Bildungen von Mineralgesellschaften.
3. Chemisch-sedimentäre Mineralbildungen.
4. Organogene und chemisch-organogene sedimentäre Mineralbildungen.
5. Gemischt vulkanisch-sedimentäre und kosmisch-sedimentäre Mineralbildungen.

III. Metamorphe und mit Metamorphosen in Zusammenhang stehende Bildungen und Lagerstätten.

1. Umbildungen von Lagerstätten und Neubildungen sekretionärer Art im Bereich der Epizone.
2. Ebenso im Bereich der Mesozone.
3. Ebenso im Bereich der Katazone.

Diese Einteilung ruht auf folgenden Grundlagen: Da die Gesteine Mineralassoziationen sind, die in gleichmäßiger Ausbildung große Räume der Erdrinde erfüllen, stellen die Ge-

steinsbildungsprozesse Hauptmineralisationen dar. Um sie gruppieren sich und mit ihnen stehen im Zusammenhang die übrigen Mineralbildungen. Die Hauptklassifikation der Gesteine gibt daher in erweiterter Form zugleich die Hauptklassifikation der Minerallagerstätten und Mineralbildungsprozesse im allgemeinen.

I. Magmatische Bildungen und magmatische Lagerstätten (magmatisch i. w. S.).

Die Einteilung der magmatischen Associationen muß von dem physikalisch-chemischen Verhalten des Magmas ausgehen. Bei der Erstarrung derartiger Lösungen können etwa drei Phasen unterschieden werden. In einer ersten Epoche werden (unter Anreicherung der leichtflüchtigen Bestandteile in der Restschmelze) hauptsächlich Oxyde und Silikate auskristallisieren. Da diese quantitativ weit vorwiegen, erhält die Mineralisation mit der Entstehung solcher Lagerstätten einen gewissen Abschluß. Silikat-Oxydmagmen sind die Magmen im engeren Sinne; deshalb sind diese Bildungen intramagmatisch genannt worden. Freilich setzt schon mit ihrer Entstehung im Umkreis des Gesteinsmagmas eine zweite Mineralisation ein. Es handelt sich um Bildungen aus oder unter Mitwirkung der leichtflüchtigen Bestandteile, und es ist selbstverständlich, daß die daran reichen Restschmelzen zu solchen Mineralisierungen besonders befähigt sind. Das Wort perimagmatisch charakterisiert diese noch bei relativ hoher Temperatur entstandenen Minerallagerstätten in ihrer Beziehung zum gleichzeitig flüssigen Gesteinsmagma. Ein Abwandern der leichtflüchtigen Bestandteile hat stattgefunden. Je mehr die Temperatur sich erniedrigt, umso mehr erhalten die magmatischen Restlösungen den Charakter wässriger Lösungen. Indem sie aufsteigen, neigen auch sie zur Mineralbildung und Umbildung. Der Gehalt solcher warmer, aufsteigender Lösungen ist oft sehr komplexer Art. In den meisten Fällen läßt sich jedoch eine Beziehung mit magmatischen Vorgängen im engeren Sinne nachweisen. Es entstehen die apomagmatischen oder verdecktmagmatischen Minerallagerstätten.

Das Studium aller dieser mit magmatischer Tätigkeit im Zusammenhang stehender Minerallagerstätten ist außerordentlich reizvoll. In Mineralbestand, Struktur und Textur spiegeln

sich die Gesetze wieder, welche die Auskristallisation aus Lösungen beherrschen. Das Phänomen der Differentiation der Eruptivgesteine steht in engster Relation mit der Molekular-konstitution der Magmen, und die Erscheinungen der Destillation sind bei der Beurteilung perimagmatischer und apomagmatischer Lagerstätten in Betracht zu ziehen. Im einzelnen ist auch zu unterscheiden zwischen Bildungen an der Erdoberfläche (oder in ihrer Nähe) und Bildungen in größerer Erdtiefe. Die Wörter *vulkanisch* und *plutonisch* sollen dafür verwendet werden.

So ergibt sich für die *intramagmatischen Mineralassoziationen* etwa folgende Unterteilung:

1. Intramagmatische Minerallagerstätten.

C. Hydrothermale, intramagmatische Lagerstätten.

- | | | |
|----------------------|---|---|
| 2. vulkanisch | { | Assoziationen der Lithophysen und |
| | | Mandeln der vulkanischen Gesteine. |
| 1. plutonisch | { | Assoziationen der jüngeren Drusen und |
| | | der autohydrothermalen Umwandlung
plutonischer Gesteine. |

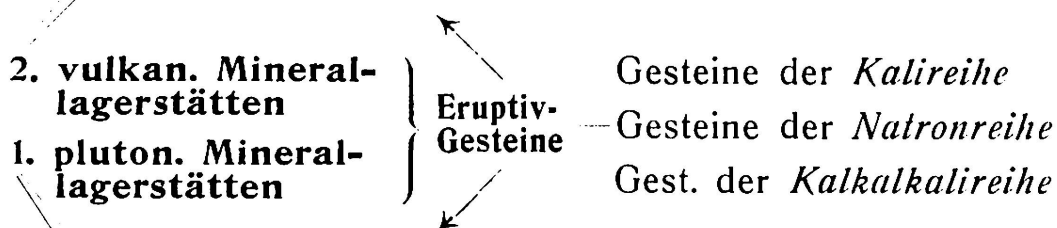
B. Pneumatolytische, intramagmatische Lagerstätten.

- | | | |
|----------------------|---|---------------------------------------|
| 2. vulkanisch | { | Assoziationen der Autopneumatolyse |
| | | in Vulkanherden. |
| 1. plutonisch | { | Assoziationen der Pegmatite und der |
| | | älteren Drusen plutonischer Gesteine. |

A. Liquidmagmatische Lagerstätten.

b. Lokalmagmatische Mineralassoziationen (wie 1 a)

a. Magmatische Ergußgesteine.



b. Magmatische Tiefengesteine und Ganggesteine.

a. Lokalmagmatische Mineralassoziationen.

(Oxydische, sulfidische und metallische liquidmagmatische Erzlagerstätten, liquidmagmatische Korundlagerstätten, primäre Diamantlagerstätten, endogene Kontaktfacien usw.)

In dieser Einteilung spiegelt sich die Gesamtklassifikation der magmatischen Lagerstätten wieder. Denn das, was die Abfolge der magmatischen Vorgänge im großen charakterisiert, wiederholt sich auch im kleinen bei der Bildung einzelner Eruptivgesteine. Alle intramagmatischen Bildungen sind jedoch in Bezug auf die Hauptrepräsentanten dieser Mineralisation, die Eruptivgesteine, im weiteren Sinne syngenetisch, oder sie erfolgten aus Lösungen, die mit denen der Gesteinsmagmen nahe verwandt sind (Pegmatite). Bei den liquidmagmatischen Bildungen im speziellen spielen die leichtflüchtigen Komponenten noch keine große Rolle; es sind zugleich die Ausscheidungen des höchsten Temperaturbereiches. Von Bedeutung sind neben den Eruptivgesteinen insbesondere die Erze beherbergenden lokalen Differentiationslagerstätten. Die Differentiation des Gesteinsmagmas selbst schafft die Assoziationen der Eruptivgesteine, die sich in drei Hauptreihen zusammenfassen lassen. Die Pegmatite gehen aus den Rückstandslösungen hervor und enthalten die im normalen Magma in geringer Menge vorkommenden Bestandteile in erhöhter Konzentration. Ihr vulkanisches Aequivalent liegt in den autopneumatolytischen Mineralassoziationen der Vulkanherde vor. Im übrigen gibt die Uebersicht genügende Anhaltspunkte, um die Art der Einteilung verstehen zu können. Es wird auch ausreichen, wenn wir die hauptsächlichsten perimagmatischen und apomagmatischen Minerallagerstätten in ähnlicher tabellarischer Uebersicht zusammenstellen. Hier spielen die Erzlagerstätten eine große Rolle. Lagerstättenkundige, insbesondere skandinavische, amerikanische und französische Forscher, neben deutschen, haben denn auch wesentlich zur Befestigung einer genetischen Einteilung solcher Mineralbildungen beigetragen. Begreiflich wird, daß das eingehende Studium der zwischen den verschiedenen Lagerstätten vorhandenen Beziehungen nicht nur rein wissenschaftlichen, sondern auch hüttenkundlichen Wert aufweist. Das planlose Prospektieren wird durch methodisches Vorgehen abgelöst.

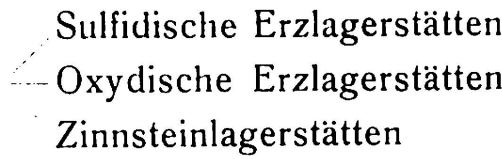
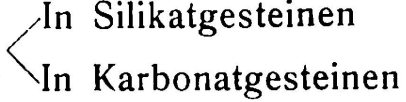
2. Perimagmatische Minerallagerstätten.

B. Vulkanische Lagerstätten.

2. Pneumatogene Umwandlungslagerstätten.

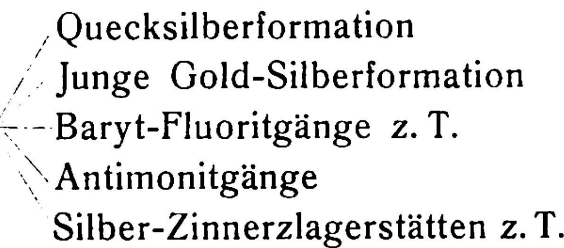
1. Lagerstätten der Fumarolen.

A. Plutonische Lagerstätten.

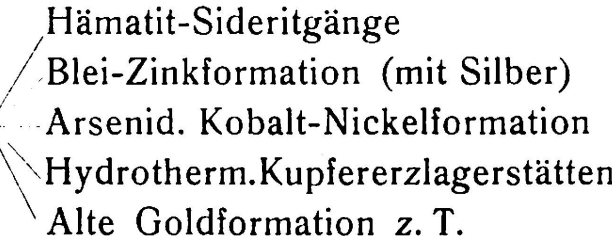
2. **Kontaktptneumatolyt. Erzlagerstätten** z. B. 
 - Sulfidische Erzlagerstätten
 - Oxydische Erzlagerstätten
 - Zinnsteinlagerstätten
1. **Kontaktptneumatolytische Lagerstätten von Nichterzen** 
 - In Silikatgesteinen
 - In Karbonatgesteinen

3. Apomagmatische Minerallagerstätten.

B. Vulkanische Lagerstätten.

2. **Hydrothermal-magmatische Erzlagerstätten** z. B. 
 - Quecksilberformation
 - Junge Gold-Silberformation
 - Baryt-Fluoritgänge z. T.
 - Antimonitgänge
- Silber-Zinnerzlagerstätten z. T.
1. **Lagerstätten der Solfataren und juvenilen Thermen.**

A. Plutonische Lagerstätten.

2. **Hydrothermal-magmatische Erzlagerstätten** z. B. 
 - Hämatit-Sideritgänge
 - Blei-Zinkformation (mit Silber)
 - Arsenid. Kobalt-Nickelformation
 - Hydrotherm. Kupfererzlagerstätten
 - Alte Goldformation z. T.
1. **Epigenetisch-hydrothermal-magmatische Nichterzlagerstätten** (Baryt-Fluoritgänge z. T. usw.)

II. Sedimentäre und mit Sedimentbildung im Zusammenhang stehende Bildungen und Lagerstätten.

Eine zweite Hauptmineralbildung steht mit Vorgängen im Zusammenhang, die sich an der *E r d o b e r f l ä c h e* abspielen. Die *S e d i m e n t e* umfassen die verbreitetsten hierher gehörigen Mineralassoziationen. An der Erdoberfläche verwittern die Gesteine und die untergeordneten Minerallagerstätten. Die Trennung in einen löslichen und unlöslichen Anteil beginnt. Das Unlösliche bildet den Rückstand, das Gelöste wandert fort und erzeugt anderswo, vielleicht auch nur in der Tiefe, neue Ausscheidungen. Aber auch die Verwitterungsrückstände in verschiedenen Stadien der Auslaugung können transportiert

und im Strömungsschatten wieder abgesetzt werden. Alle derartigen Neubildungen von Minerallagerstätten bedürfen zu ihrem Verständnis der Kenntnis der kolloidchemischen Vorgänge. Die mineralogisch-chemische Untersuchung der Sedimente, die (zum mindesten im deutschen Sprachgebiet) lange Zeit etwas vernachlässigt wurde, hat es mit nicht minder reizvollen Problemen zu tun, als die Eruptivgesteinskunde oder die Lehre von den metamorphen Gesteinen. Sind diese unentbehrlich für den Tektoniker, so ist die Sedimentpetrographie unentbehrlich für den modernen Stratigraphen. Untersuchungen, wie sie neuerdings Sven Odén in Angriff genommen hat, werden reichliche Früchte tragen.

Die Mineralbildungen auf der Erdoberfläche stehen aber unter dem Einfluß aller dort wirksamen Faktoren. Die Organistentätigkeit spielt eine nicht zu vernachlässigende Rolle. Und so muß der mit solchen Fragen sich beschäftigende Mineraloge auch biologisch orientiert sein.

Es bedarf wohl nicht der besonderen Erwähnung, daß eine Einteilung der mit der Sedimentbildung im Zusammenhang stehenden Lagerstätten wegen der Mitwirkung so vieler, stark wechselnder Faktoren große Schwierigkeiten darbietet. Wenn ich im folgenden, wiederum nur kurz tabellarisch, die auf Seite 401 gegebene Einteilung etwas näher ausführe und veranschauliche, bin ich mir ihrer Mängel wohl bewußt. Hoffen wir, daß es später gelingt, auch hier eine etwas straffere Systematik zu schaffen. Die vorläufige hauptsächlichste Untereinteilung geht jedoch aus nachstehender Zusammenstellung hervor.

1. Minerallagerstätten der Verwitterungszone und der Zone der Zirkulation des Grundwassers.

B. Rückstandsedimentäre Lagerstätten.

- | | | |
|--|---|---|
| 2. Verwitterungslagerstätten
und Hutbildungen nicht gesteinsmäßiger primärer Mineralassoziationen, bei gering. Stofftransport | } | z. B. eiserne Hüte der Erzlagerstätten. Salzhüte.
Meerschaulager, Kaolinlager z. T.
Rückstandsedimentär. Erzlager (Bohnerze usw.)
Eluviale Seifen. |
| 1. Böden | } | des mehr ariden Klimas
des mehr humiden Klimas |
- (Eluvialböden)

A. Lagerstätten descendenter, kalter Lösungen und der Grundwassereinwirkung.

4. **Lateralsekretionäre Lagerstätten**, ferner **Kluft- und Gangbildungen** descendenter Lösungen im Bereich der obersten Erdrindenteile.
3. **Fossilisationsparagenesen** in Sedimenten.
2. **Zementationsparagenesen** der Erzlager.
1. **Unterböden** im humiden Klima.

2. Mechanisch (klastisch) sedimentäre Minerallagerstätten.

(Anhäufungen transportierten Materiales.)

Nach der Korngröße: Nach der Entstehung:

Trümmer- gesteine Seifen	{		4. Gehängeschutt Rutsch- u. Sturz- lagerstätten	{	klasti- sche Lager- stätten
		3. Pelite	3. Aeolische		
		2. Psammite	2. Glaziale		
		1. Psephite	1. Aquatische	marine limnische fluviale	

**3. Chemisch sedimentäre ausscheidungssedimentäre)
Minerallagerstätten.**

B. Sinterbildungen (z. B. Kieselsinter, Kalktuff z. T.)

A. Salzlagerstätten	{	der Binnen- seen usw.	{ Borsalzlagerstätten, Lagerst. d. Natronseen, Salpeterlager- stätten, Bittersalzlagerst. usw.
		der Meere	{ Gipslagerstätten, Anhydrit- lagerstätten, Steinsalzlager- stätten, Kalisalzlagerst. usw.

4. Organogene und chemisch-organogene Minerallagerstätten.

(z. T. auch Mischlagerstätten mit 2).

Hierher gehören insbesondere die meisten sedimentären Karbonatgesteine, Kieselgesteine und ein Teil der sedimentären Eisen-Manganlagerstätten. — Die besondern Paragenesen der Guanolagerstätten, des Erdöls, der Kohlen usw. gehören der gleichen Abteilung an.

5. Gemischt vulkanisch-sedimentäre und kosmisch-sedimentäre Minerallagerstätten.

Tuffe und Meteoriten wären Hauptrepräsentanten hierfür.

III. Metamorphe und mit Metamorphosen im Zusammenhang stehende Bildungen und Lagerstätten.

Magmatische und sedimentäre Mineralbildungen können im Verlaufe des geologischen Geschehens, dem das Erdrindstück, das sie beherbergt, unterworfen ist, unter Bedingungen gelangen, die eine völlige Umprägung zur Folge haben. Die Lagerstätten werden metamorphosiert. So ergibt sich eine dritte Hauptabteilung der Minerallagerstätten, die der metamorphen. Diejenigen Forscher (Grubenmann, Becke, van Hise, Goldschmidt usw.), welche sich mit der Genesis der metamorphen Gesteine befaßt haben, erkannten sehr bald, daß die Haupteinteilung sich nach den physikalisch-chemischen Umständen während der Metamorphose zu richten hat. So konnte denn die Grubenmann'sche Klassifikation in Bildungen der Epi-, Meso- und Katazone ohne weiteres übernommen werden. Wir werden lediglich in unserer allgemeinen Minerocoenologie auch die nicht gesteinsmäßigen Neubildungen, die im Verlaufe solcher Prozesse ohne wesentliche fremde Stoffzufuhr entstehen, mitberücksichtigen müssen. Die Lagerstätten der alpinen Zerrklüfte sind ein Beispiel sekretionärer Neubildungen im Bereiche einer Epi- bis Mesozone der Metamorphose.

So hätten wir im Fluge die hauptsächlichsten Mineralisationsprozesse und ihre Produkte kennen gelernt. Es ist fürwahr ein mannigfaltiges Gebiet, das die Minerocoenologie, die Lehre von den Mineralgesellschaften, zu bearbeiten hat. Aber es bringt den modernen Mineralogen, dessen Tätigkeit ja vorwiegend physikalisch und chemisch gerichtet ist, wieder in Kontakt mit der Natur und läßt ihn nie vergessen, daß die Wissenschaft, der er sich gewidmet hat, in erster Linie Naturkunde, Lehre von den natürlich vorkommenden, anorganischen Bestandteilen der Erdrinde, ist.