

Nachr. Naturwissenschaftl. Museum Aschaffenburg  
Band: 90, Seite 1 bis 35  
ausgegeben als Sonderheft 1

Führer durch die Mineralogische Abteilung  
des Naturwissenschaftlichen Museums  
der Stadt Aschaffenburg  
von  
Joachim HÖPPNER

0.	Inhalt ....	
1.0.	Kurze Einführungen in die Mineralogie .....	2
2.0.	Standorte und Verzeichnis der Mineralien ...	10
2.1.	Allgemeines zum Vitrineninhalte .....	10
2.2.	Auflistung der ausgestellten Mineralien ....	
2.2.1.	Elemente ... ..	12
2.2.2.	Sulfide und Komplexsulfide .....	13
2.2.3.	Halogenide .....	14
2.2.4.	Oxide und Hydroxide .....	15
2.2.5.	Silikate .....	20
2.2.6.	Phosphate (und Arsenate, Vanadate).....	22
2.2.7.	Sulfate (und Chromate, Molybdate, Wolframate)	24
2.2.8.	Karbonate .....	26
2.2.9.	Borate und Nitrate .....	
2.2.10.	Organische Verbindungen .....	28
2.2.11.	Kohlen .....	29
3.0.	Literatur .....	

## Kurze Einführung in die Mineralogie <sup>1)</sup>

Die Mineralogie ist die Lehre von den Mineralien. Fast überall werden Mineralien angetroffen. Jede Granitplatte auf den Fußwegen unserer Städte und Dörfer enthält häufig Mineralien - in diesem Falle Feldspat, Quarz und Glimmer. Eine Marmorplatte besteht nur aus Kalzit-Kriställchen. Jeder Kieselstein, jedes Sandkörnchen ist ein abgerollter Quarzkristall, ein Mineral.

Die Bezeichnung "Mineral" geht auf das mittellateinische Wort mineralis zurück; dieses Wort bedeutet "zum Bergwerk gehörig". Mineralien waren also ursprünglich Bestandteile der festen Erdrinde, die aus dem Schacht gewonnen wurden. Allerdings wird nicht alles, was aus einem Schacht gewonnen werden kann, zu den Mineralien gerechnet, so zum Beispiel die Kohle. Manche Mineralogen sind etwas großzügig und rechnen die Kohle, obwohl die Forderung nach Homogenität (s. unten) nicht erreicht wird, doch dazu. Ähnliches gilt für den Bernstein.

Der Begriff "Mineral" schließt drei Bedingungen ein. Erstens muß das Mineral stofflich einheitlich oder homogen (d. h. entweder in allen oder in parallelen Richtungen physikalisch und chemisch gleich beschaffen) sein; zweitens muß das Mineral durch Naturvorgänge gebildet sein; und drittens muß es einen Bestandteil unserer starren Erdkruste bilden. Die Möglichkeiten, nach denen Mineralien zusammengesetzt sind, sind also begrenzt.

---

1) Nach einem Vortrag, der am 09.10.1982 anlässlich einer Wiedereröffnung der Mineralogischen Abteilung des Naturwissenschaftlichen Museums der Stadt Aschaffenburg vor dem Oberbürgermeister, geladenen Gästen und der Öffentlichkeit gehalten wurde.

Einige Mineralien bestehen aus den chemischen Grundstoffen, den Elementen selbst. Die chemische Formel solcher Mineralien besteht dann nur aus der Abkürzung des mineralbildenden Elements: Der Diamant ist C (= Kohlenstoff), Schwefel ist S, Gold ist Au, Silber ist Ag, Platin ist Pt, Kupfer ist Cu, Quecksilber ist Hg. Es gibt aber auch Mineralien, die nicht wie die vorgenannten aus einem Element, sondern weitgehend aus einer Mischung von zwei Elementen bestehen wie beispielsweise Allemontit (Sb + As) und Landsbergit (Ag + Hg).

Die meisten Mineralien sind aber chemische Verbindungen aus mehreren Elementen wie z. B. Quarz ( $\text{SiO}_2$ ), Kalifeldspat ( $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ ) und Kalkspat ( $\text{CaCO}_3$ ).

Diese Arten von Mineralien werden in verschiedene Gruppen eingeteilt:

- 1) Sulfide und Komplexsulfide
- 2) Halogenide
- 3) Oxide und Hydroxide
- 4) Silikate
- 5) Phosphate (mit Arsenate, Vanadate)
- 6) Sulfate (mit Chromate, Molybdate, Wolframate)
- 7) Karbonate
- 8) Borate und Nitrate
- 9) Organische Verbindungen
- 10) Kohlen (wenn man dies will)

Manche Mineralien zeichnen sich nicht nur durch prachtvolle Färbung und starken Glanz aus, sondern auch durch eine auffallende, mehr oder minder regelmäßig geometrische Gestalt. Einige wenige kommen stets in unregelmäßiger, klumpiger, oft niedriger Form vor, wie beispielsweise Opal.

Die Mineralien sind in der Regel anorganische Gebilde; nur sehr wenige entstanden auf organischem Wege, wie z. B. Mellit (Honigstein).

Alle Mineralien sind feste Körper mit Ausnahme von Quecksilber, das allein flüssig ist.

Mineralien können, wenn sie große Massen bilden, selbst als Gesteine betrachtet werden. So treten z. B. Gips, Quarz und Eisenerze gesteinsbildend auf. Gesteine, die nur aus einer Mineralart bestehen, werden monomineralische Gesteine genannt. Meistens bestehen die Gesteine aus einem ganz bestimmten Mineralgemenge, sie sind polymineralisch, so beispielsweise der Granit, der aus Feldspat, Quarz und Glimmer zusammengesetzt ist. Mit der Untersuchung, Beschreibung, Klassifizierung und Entstehung der Gesteine beschäftigt sich die Gesteinskunde oder Petrologie.

Die Mineralogie wird in zwei Hauptteile gegliedert: Allgemeine Mineralogie und spezielle Mineralogie.

Die allgemeine Mineralogie beschäftigt sich mit der äußeren Form, dem Feinbau (d. h. dem inneren Aufbau aus kleinsten Teilchen), den physikalischen und chemischen Eigenschaften, der Entstehung, dem Vorkommen und der Umwandlung der Mineralien.

Die allgemeine Mineralogie umfaßt wiederum zwei Teilgebiete. Eines davon behandelt die geometrischen, strukturellen, chemischen und physikalischen Eigenschaften der Mineralien. Es wird als Kristallkunde oder im weitesten Sinne als Kristallographie bezeichnet und gliedert sich in Kristallgeometrie oder Kristallographie im engeren Sinne, in Kristallchemie, Kristallphysik und Kristalloptik (Dünnschliff- und Anschliffoptik). Das zweite Teilgebiet umfaßt die Bildung oder Entstehung der Mineralien, das Zusammenvorkommen oder die Paragenesis der Mineralien, das Vorkommen oder die Lagerstättenkunde der Mineralien und die Verwendung oder Mineralnutzung der Mineralien.

In der speziellen Mineralogie werden die einzelnen Mineralien nach den vorher genannten Gesichtspunkten, wie z. B. Form, Aufbau, beschrieben.

Nicht nur als reiner Wissenschaft kommt der Mineralogie eine große Bedeutung zu, sondern auch in praktischer Anwendung

Die Mineralogie bildet so die Grundlage für gesteinskundliche, lagerstättenkundliche, geochemische, bodenkundliche, geographische und auch oft biologische Arbeiten. Sie ist Hilfswissenschaft für Berg- und Hüttenleute, Geologen, Chemiker, Physiker und Bauingenieure. In Landwirtschaft und Industrie, beispielsweise in der Glas- und Porzellanindustrie, kurz überall dort, wo mineralische Stoffe verwendet und deshalb untersucht werden, kann nur der fachlich geschulte Mineraloge ein richtiges Gutachten abgeben.

Als Wissenschaft wird die Mineralogie erst seit zwei Jahrhunderten betrieben, aber die praktische Verwendung von Mineralien ist sehr alt.

Schon die Menschen der Steinzeit, die in Mitteleuropa etwa um 2000 vor der Zeitrechnung endete - übrigens in Ägypten schon 4000 v. d. Z. -, benutzten z. B. in Norddeutschland ein weitverbreitetes Mineral, den Feuerstein, als Werkzeug und Waffe. Der Feuerstein war hart und ließ sich leicht in scharfkantige Stücke zerkleinern. Feuerstein mit Pyrit diente obendrein zum Funkenschlagen. Später lernten die Menschen Kupfer und Zinn aus ihren Erzen zu gewinnen und zu Bronze zusammenzuschmelzen. Diese Zeit wird als Bronzezeit bezeichnet.

Allerdings ist zweifellos der Bergbau auf Kupfer älter. In Babylonien, auf Cypern, im alten Palästina und in Oberägypten wurde schon früher Bergbau auf Kupfererze betrieben. In Anatolien wurden sogar Schlacken eines Kupfererz-Bergbaues gefunden, der etwa 7000 v. d. Z. stattgefunden haben soll. Die Erze vom Rammelsberg bei Goslar am Harz waren den Menschen der Bronzezeit bereits bekannt; sie wurden 930 - 940 n. d. Z. wieder entdeckt und werden heute noch abgebaut.

Der Beginn der späteren Eisenzeit wird auf etwa 1000 v. d. Z. festgelegt. Die Kunstfertigkeiten, Eisen aus seinen Erzen zu gewinnen, kam aus dem südlichen Europa nach Deutschland.

Stark färbende Mineralien wurden schon in den ältesten Zeiten zum Malen und Zeichnen verwendet.

Mineralien von besonderer Härte, Klarheit und schöner Farbe betrachtete man als etwas Überirdisches.

Bereits die Babylonier verwendeten Gemmen zum Versiegeln ihrer Urkunden. Hierzu wurden kleine weiße Bilder auf dunklem Grund als sogenannte Kameen erhaben aus den verschiedenfarbigen Schichten des Achates herausgeschnitten. Sie haben für die Altertumsforschung große Bedeutung.

Im alten Ägypten war der blaue Lasurit (Lapis Lazuli) der höchst geschätzte Edelstein. Seine Verwendung ist älter als die des Diamanten, der lange Zeit nicht für so wertvoll angesehen wurde.

Durch das "Steinbuch" des Aristoteles (340 v. d. Z.) und eine Schrift von THEOPHRAST (etwa 314 v. d. Z.) sind uns die Kenntnisse der Griechen von den Steinen überliefert worden. Zur Zeit des PLINIUS (um 79; in der Zeit des Unterganges von Pompeji) waren die Eigenschaften vieler Mineralien schon sehr gut bekannt. Allerdings dichtete man ihnen noch allerhand heilende und dämonische Kräfte an. Die einen Eigenschaften sollten die Menschen vor Krankheiten schützen, die anderen vor bösen Geistern bewahren. So etwas gibt es auch heute noch. Wenn man z. B. die Souks der marokkanischen Städte besucht, dann findet man auf den Amulettständen einige mit Mineralien gefüllte Amuletts, die vor bösen Geistern beschützen sollen. Die schön-violette Quarzart Amethyst verrät durch ihren Namen noch heute, welche Eigenschaft ihr beigelegt wurde. "A-méthystos" heißt nämlich "frei von Betrunkenheit".

Während des ganzen Altertums und das Mittelalter hindurch bis um die Mitte des 18. Jahrhunderts blieben im allgemeinen die Kenntnisse über die Mineralien auf einer niedrigen Stufe stehen. GEORG AGRICOLA (1494 - 1555), der Vater der Mineralogie, verfaßte viele grundlegende Schriften über Mineralogie und Bergbau. Aus jener Zeit stammen die ältesten Mineral-Bezeichnungen wie Blende, Feldspat, Glanz, Glaskopf, Glimmer, Hornblende, Kies und Spat.

Die wissenschaftliche Betrachtung der Mineralien begann jedoch erst mit RENÉ JUST HAÜY in Paris. HAÜY lebte von 1743 - 1822 und lehrte Kristallformen entziffern, wobei er sich auf die Beobachtungen von NIKOLAUS STENONIS (meist STENO genannt, richtiger Name NIELS STENSEN), ein vielseitiger dänischer Naturforscher (1638 - 1686) und ROMÉ de l'ISLE (1790) stützen konnte. In Freiberg (Sachsen) war es ABRAHAM GOTTLIEB WERNER (1749 - 1817), der die Mineralien beschrieb und ordnete. Übrigens ist heute noch seine Mineraliensammlung eine Sehenswürdigkeit des Freiburger Mineralogischen Instituts.

CHRISTIAN SAMUEL WEISS (1780 - 1856) lehrte in Berlin die Kristallflächen auf Achsen zu beziehen. Seitdem hat sich die junge mineralogische Wissenschaft zu einer bedeutenden Höhe entwickelt. Viele berühmte Forscher bis in die heutige Zeit könnten genannt werden, die durch unermüdliche Arbeit zu dieser Entwicklung beigetragen haben.

Eine außerordentliche Bedeutung für die Mineralogie erlangte die geniale Idee von MAX von LAUE (1879 - 1960), Röntgenstrahlen auf Kristalle einwirken zu lassen. Dies geschah im Jahre 1912. Damit war der Grundstein zu einem völlig neuartigen Forschungsgebiet der mineralogischen Wissenschaft gelegt. Nun war es möglich, das Vorhandensein der Atome nachzuweisen, ihre Anordnung im Raum festzustellen und somit den Feinbau der Kristalle zu ergründen. Die Kristallstrukturlehre war geboren.

Mittlerweile hat die Mineralogie weitere große Fortschritte gemacht, was besonders auf die Entwicklung neuer Untersuchungs-Techniken zurückzuführen ist. Dazu beigetragen haben aber auch neben dem Fachwissenschaftlicher die "Amateure", von denen es in dem fachgebundenen Verein "Freunde der Mineralogie und Geologie" in der Bundesrepublik rund 8000 geben dürfte. Die Zahl der Sammler überhaupt dürfte mindestens doppelt so hoch sein.

Der Fachwissenschaftler ist auf den Amateur und umgekehrt der Amateur auf den Fachwissenschaftler angewiesen. Da der Fachwissenschaftler unmöglich in jeden Aufschluß (z. B. Steinbruch usw.) gehen kann, ist ihm besonders zur Erforschung bestimmter Lokalitäten der Amateur behilflich. Dieser wiederum bildet sich durch den erfahrenen Mineralogen in Theorie und Praxis weiter. Hierfür sind aber auch mineralogische Sammlungen von großer Bedeutung, wenn diese sowohl dem Fachmann als auch dem Amateur oder auch den mineralogisch unbescholtenen Laien zugänglich sind.

In den Sammlungen können u. a. Fundorte ansehen, Mineralien verglichen und deren Aufbau sowie die Paragenese, das gesetzmäßige Zusammenvorkommen verschiedener Mineralien, studiert werden. Dem "Nur-Betrachter" gibt eine solche Sammlung vielleicht die Anregung, sich dem Sammeln von Mineralien zu widmen.

Der Anregung zur Beschäftigung mit Mineralien soll auch die nochmals überarbeitete Sammlung im Naturwissenschaftlichen Museum im Schönborner Hof, Aschaffenburg, dienen.

Teile dieser Sammlung sind schon sehr alt. Sie war früher im Besitz der im Jahre 1911 aufgelösten Forsthochschule und wurde - bedingt durch Kriegs- und Nachkriegseinflüsse um 1944 - 1946 - nach jahrelanger mühevoller Arbeit des Sichtens, Sortierens usw. erst am 19. Dezember 1976 der Öffentlichkeit wieder übergeben.



Leider konnten die Mineralien seinerzeit nicht registriert werden. Eine Gelegenheit dazu ergab sich nach der Umgestaltung der Mineralogischen Abteilung in diesem Jahr (1982). Die Vitrinen wurden nunmehr so aufgestellt, daß eine Erweiterung dieser Abteilung ohne Schwierigkeiten möglich ist.

Die Abteilung umfaßt heute nur noch Mineralien. Die Gesteinssammlung soll später im Vorraum zur Mineralogischen Sammlung untergebracht werden. Dazu soll eine Vitrine mit Fossilien kommen. Bei den Gesteinen läßt sich übrigens studieren, wie sich Mineralien nach Form, Zusammensetzung und Farbe ändern können. Gelangen durch Gebirgsbildungskräfte z. B. oberflächennahe Gesteine in größere Tiefen der Erdkruste, so wandelt die dort zunehmende Hitze und der Gesteinsdruck die Mineralien in andere um. Auf diese Weise entstehen neue Gesteine und andersartige Mineralien, womit sich u. a. z. B. die Petrologie beschäftigt.

Die Registrierung der Mineralien erfolgte auf Karteikarten; sie enthalten Angaben über:

Laufende Numerierung - Name des Minerals -  
Standort des Minerals - Chemische Formel -  
Klasse - Begleitminerale - Synonyme - Fundort -  
Datum des Erwerbes - Preis - Finder - Datum des  
Fundes - Vorbesitzer - Erhaltungszustand  
und besondere Bemerkungen.

Die Numerierung wurde entsprechend einer kristallchemischen Gliederung nach H. J. RÖSLER (19..) vorgenommen. Jedes Mineral hat seine bestimmte Nummer. Bei vorhandensein mehrerer Stücke eines Minerals wird die Nummer durch Punkt und Ziffer erweitert, z. B. 10, 10.1, 10.2 usw. Nun fällt es leicht, weitere Mineralien in diese Systematik aufzunehmen.

Die Ausstellung bzw. Unterbringung der Mineralien erfolgte ebenfalls nach der kristallchemischen Gliederung, also nach Elementen, Sulfiden, Halogeniden usw. (siehe weiter oben!).

## Standorte und Verzeichnis der Mineralien

### Allgemeines zum Vitrineninhalt <sup>1)</sup>

Wenn Sie den Raum der Mineralogischen Sammlung betreten, dann finden Sie rechts eine Vitrine mit ausschließlich Mineralien aus dem Spessart. Besonders hingewiesen sei auf eine Barytstufe (Meiselspat) von Sailauf bei Aschaffenburg. Diese Stufe dürfte durch die Größe der Kristalle und ihrer einwandfreien Ausbildung eines der bemerkenswertesten Stücke der Sammlung sein. Sehr schön sind auch die Stufen von Disthen, Muskovit und Apatit von Aschaffenburg, ein Bergkristall von Glattbach und natürlich die bemerkenswerten Hessonite des Spessarts.

Links des Einganges stehen 6 Vitrinen hintereinander, die die kristallchemische Gliederung der Sammlung beinhalten.

Vitrine 1 enthält Elemente: eine große Stufe gediegenen Silbers von Pöföram (CSSR); gediegenes Arsen, einer echten Scherbe, deshalb früher von den Bergleuten Scherbenkobalt genannt, aus dem Erzgebirge; eine Schaustufe gediegenes Kupfer von Michigan (USA); dann Sulfide mit einer Schaustufe Galenit von Missouri (USA), sowie Halogenide mit einer schönen Stufe Halit von Neuhoß (Hessen).

Vitrine 2 enthält Oxide und Silikate. Von letzterem nur Achate der verschiedensten Formen, Farben und Ausbildung. Bei den Oxiden ist auf eine Stufe Pyrolusit von Feldkahl, ein Geschenk von Herrn W. Hahn, Aschaffenburg, aufmerksam zu machen.

Vitrine 3 zeigt auch Silikate, und zwar nur Quarze und Quarzvarietäten in herrlichen Formen und Farben.

---

<sup>1)</sup> siehe Fußnote Seite 2

Vitrine 4 enthält ebenfalls noch Silikate, da diese Klasse sehr groß ist. Zu sehen sind u. a. schöner Hessonit aus Kanada, herrlicher Prehnit aus Indien und eine besonders große Stufe Inesit aus Australien.

In Vitrine 5 sind neben Silikaten (Feldspäte) auch Phosphate, Arsenate, Venadate sowie Sulfate, Chromate, Molybdate und Wolframate ausgestellt. Besonders hervorzuheben sind Erythrin von Bieber, Vivianit aus Bolivien und Gips aus Mexiko.

In Vitrine 6 sind Karbonate, Borate, Nitrate und Organische Verbindungen sowie Kohlen zu sehen. Hin-  
gewiesen werden soll auf Rhodochrosit aus Japan, Dolomit aus Spanien, sehr schöne Aragonite von Sardinien, Probertit aus der Türkei, Mellit aus Ungarn mit einer sehr seltenen Farbe.

Die Vitrine 7 enthält nur Schaustücke. Schauen Sie selbst und lassen Sie sich überraschen.

Vitrine 8 ist mit UV-Mineralien belegt.

In Vitrine 9 sind Mineralien aus Hessen und aus Bayern ausgestellt. Es sind dies alles Mineralien, die heute noch gefunden werden können. Hier sind auch sehr schöne große Stufen von Quarz aus Medenbach, die Herr M. Vey (Frankfurt) geschenkt hat, zu sehen. Rockenberger Barytosen fehlen ebenfalls nicht, ebenso ein weiterer Baryt von Sailauf.

In diesem Zusammenhang wäre noch auf zwei Werke aufmerksam zu machen, die Fundstellen in Hessen (H. J. WILKE) und Bayern (H. SCHMELZER) behandeln. Das Buch von WILKE beschreibt übrigens auch den Aschaffener Raum. Anhand beider Bücher ist eine Fundstelle leicht zu finden und mit etwas Glück auch das betreffende Mineral.

## Zu Vitrine 1

### 2.2.1 Elemente

**Chemie:** Jedes Element ist in sich einheitlich aufgebaut, es besteht aus kleinsten Teilchen, den Atomen. Die Masse eines Atoms beträgt etwa  $10^{-24}$  g (= 0.000.000.000.000.000.000.000.001 g), sein Durchmesser ist etwa  $10^{-10}$  m. Atome sind auf chemischem Wege nicht teilbar. Gegenwärtig kennt man 104 Elemente und entsprechend 104 verschiedene Atomsorten. Davon wurden bisher 90 in der Natur gefunden, die übrigen nur künstlich erzeugt. Die Häufigkeit der Elemente in der Natur ist sehr unterschiedlich. Unsere Erdrinde (Gesteins-, Wasser-, Lufthülle) besteht zu rund der Hälfte aus Sauerstoff und zu einem Viertel aus Silizium. Die meisten Elemente kommen nur in chemischen Verbindungen vor. Insgesamt kommen in der Natur 24 Elemente als Mineralien vor; sie werden unterteilt in Metalle: Eisen Fe, Ruthenium Ru, Osmium Os, Kobalt Co, Rhodium Rh, Iridium Ir, Nickel Ni, Paladium Pd, Platin Pt, Kupfer Cu, Silber Ag, Gold Au, Zink Zn, Quecksilber Hg; Halbmetalle und Nichtmetalle: Kohlenstoff C, Zinn Sn, Blei Pb, Phosphor P, Arsen As, Antimon Sb, Wismut Bi, Schwefel S, Selen Se, Tellur Te. Die hinter den Namen stehenden Abkürzungen sind die internationalen Elementsymbole, die sich meist von griechischen oder lateinischen Namen herleiten, wie z. B. Pb für Blei von plumbum.

**Kristallographie:** Die Metalle und ihre Legierungen kristallisieren in Form von Metallgittern; dabei sind die Gitterpunkte durch positiv geladene Atomrümpfe besetzt. Je nach der Art des Gitters ist jeder Atomrumpf von 8 oder 12 Nachbarn umgeben. Dazwischen bewegen sich negativ geladene Teilchen und halten so das Gitter zusammen. Sie sind die Träger der elektrischen Leitfähigkeit der Metalle und der Grund für deren Undurchsichtigkeit. Da sich die Atomrümpfe leicht gegeneinander verschieben lassen, sind alle Metalle biegsam und nicht spaltbar. Poliert und auf frischen Kristallflächen glänzen sie sehr stark. Im Kristallgitter der Nichtmetalle

befinden sich im allgemeinen neutrale Atome, die sich zu Gruppen, Ketten, Ringen oder Gerüsten vereinigen. Je nach den Bildungsbedingungen eines Kristalls sind seine Atome verschieden angeordnet. So entstehen unterschiedliche Ausbildungsformen (Modifikationen), wie zum Beispiel Diamant (hoher Druck) und Graphit (niedriger Druck), beides Kohlenstoff. Halbmetalle unterscheiden sich von den Metallen durch ihre ausgeprägte Spaltbarkeit und Sprödigkeit, Nichtmetalle sind ebenfalls spröde und zeigen meist Diamantglanz.

**Petrologie:** Reine Elemente beteiligen sich nur zu einem sehr geringen Teil am Aufbau der Erde. Anreicherungen in Lagerstätten können zum Beispiel entstehen, wenn das ursprüngliche Erz zersetzt wird (Eiserner Hut). Nach der Verwitterung einer primären Lagerstätte können sich zum Beispiel Gold und Platin auf Seifen sammeln; in der niedrigtemperierten pneumatolytischen Phase imprägnieren Lösungen das Nebengestein; durch direkten vulkanischen Einfluß zum Beispiel in Fumarolen lagert sich Schwefel ab.

Die Beschreibungen der Mineralien zu den Vitrinen ab Seite 12 bis 27 sind zum großen Teil dem Buch "Steinbachs Naturführer "Mineralien" Medenbach" entnommen.

Für die Genehmigung des Abdruckes danken wir dem Verlag Christian Weise recht herzlich (siehe auch Buchbesprechung Seite    )

## Zu Vitrine 1

### 2.2.2 Sulfide

**Chemie:** Sulfide sind Salze der Schwefelwasserstoffsäure  $\text{H}_2\text{S}$ . Dabei verbinden sich grundsätzlich ein oder mehrere Metallatome mit einem oder mehreren Schwefelatomen. Folgende Metalle treten dabei am häufigsten auf: Eisen Fe, Kobalt Co, Nickel Ni, Kupfer Cu, Silber Ag, Zink Zn, Quecksilber Hg, Blei Pb. An die Stelle des Schwefels können einige sehr verwandte Elemente treten: Selen Se, Tellur Te, Arsen As, Antimon Sb, Wismut Bi. Die sich so ergebenden chemischen Verbindungen werden jeweils mit einer internationalen chemischen Formel bezeichnet, die sich aus den Symbolen der am Aufbau beteiligten Elemente zusammensetzt.

Beispiel: Chalkopyrit  $\text{CuFeS}_2$

Aus einer chemischen Formel kann man erkennen: 1. welche Elemente am Aufbau der betreffenden chemischen Verbindung beteiligt sind. 2. in welchem Verhältnis die Elemente dabei auftreten. Das Mineral Chalkopyrit besteht also aus Kupfer, Eisen und Schwefel im Verhältnis 1 : 1 : 2.

**Kristallographie:** Die dieser Klasse angehörenden Verbindungen sind gekennzeichnet durch metallisch-"erz-artiges" Aussehen, ein hohes spezifisches Gewicht, größtenteils durch Undurchsichtigkeit und elektrische Leitfähigkeit. Diese Eigenschaften lassen darauf schließen, daß auch hier zwischen den Atomen eine ähnliche Bindung wie bei den Metallen (Metallbindung) vorliegt.

**Petrologie:** Verbindungen dieser Klasse findet man hauptsächlich in Erzlagerstätten des magmatischen Zyklus und auch in Meteoriten. Sie stellen die wirtschaftlich wichtigsten Erzlagerstätten der Erde dar und liefern so wichtige Erze wie Silberglanz, Kupferglanz, Zinnober, Zinkblende, Bleiglanz und Pyrit. Die oberflächennahen Partien älterer Lagerstätten sind meist verwittert, d. h. chemisch umgewandelt. Die Sulfide werden zersetzt und reagieren unter Einfluß von Oberflächenwasser und der Atmosphäre zu farbenprächtigen Oxiden und Hydroxi-

den, Carbonaten, Sulfaten und Phosphaten. Es entsteht der "Eiserne Hut" der Lagerstätte. Die meisten Buntmetalle gehen dabei in Lösung und reichern sich in größeren Tiefen, in der "Zementationszone" an.

## Zu Vitrine 1

### 2.2.3 Halogenide

**Chemie:** Halogenide sind Verbindungen der Elemente Fluor F, Chlor Cl, Brom Br, Jod J. Diese Elementgruppe bezeichnet man als Halogene = Salzbildner. Mit vielen Elementen bilden die Halogene Verbindungen sehr ähnlicher Eigenschaften: Salziger oder bitterer Geschmack, meist gute Wasserlöslichkeit, die wäßrige Lösung leitet den elektrischen Strom sehr gut, relativ hoher Schmelzpunkt, kein metallisches Aussehen, vollkommene Spaltbarkeit. Hieraus lassen sich Rückschlüsse auf die Bindung der Atome innerhalb des Gitters ziehen: Sie sind sehr fest miteinander verbunden, es müssen positiv und negativ geladene Teilchen vorhanden sein, die Anzahl der unterschiedlich geladenen Teilchen muß jeweils gleich sein, denn der Kristall ist nach außen hin neutral. Als Beispiel soll Steinsalz mit der chemischen Formel  $\text{NaCl}$  dienen. Das Natriumatom ist positiv geladen, das Chloratom negativ. Da sich positive und negative Ladungen anziehen, entsteht ein vollständig geordnetes dreidimensionales Gebilde, bei dem jeweils positive und negative Atome miteinander abwechseln, ein sogenanntes Kristallgitter. Jedes Natriumatom ist beim Steinsalz von sechs Chloratomen in Form eines Oktaeders umgeben und jedes Chloratom seinerseits von sechs Natriumatomen, gleichfalls in Form eines Oktaeders. Gibt man einen solchen Kristall nun in Wasser, zwingen sich die Wasserteilchen zwischen die geladenen Atome des Salzes, trennen sie voneinander, zerstören das Gitter und lösen so den Kristall auf.

**Kristallographie:** In dem beschriebenen Steinsalz-Strukturtyp kristallisieren rund 200 chemische Verbindungen, sie alle haben die gleiche Symmetrie und die gleiche Form der Spaltbarkeit, jedoch unterschiedliche Härte, Schmelz- und Siedepunkte. Die von Natur aus meist farblosen Halogenide sind oft durch Spurenelemente oder durch die Einwirkung natürlicher radioaktiver Strahlung, die das Kristallgitter zerstört, intensiv gefärbt.



**Petrologie:** Halogenide finden sich in gelöster Form im Meerwasser. Im Laufe der Erdgeschichte wurden häufig ganze Meeresbuchten abgeschnitten (Lagunen), ihr Wasser dampfte ein. Dabei blieben riesige Salzlager, u. a. aus Halogeniden, zurück. Dieser Vorgang läßt sich ganz einfach nachvollziehen, indem man ein flaches Gefäß mit einer gesättigten Kochsalzlösung eine Weile stehen läßt, nach Verdunsten des Wassers bleiben schön geformte Kochsalzwürfel zurück. Einige Halogenide (Fluorit, Kryolith) sind hydrothermal sowie pegmatitisch entstanden.

## Zu Vitrine 2, 3 und 4

### 2.2.4 Oxide und Hydroxide

**Chemie:** Oxide sind Verbindungen des Sauerstoffs mit anderen Elementen. Eine Oxidation kann langsam oder rasch erfolgen. Langsam sind z. B. das Rosten des Eisens, der Abbau der Nahrungsmittel im Organismus; rasche, unter Flammenerscheinung verlaufende Oxidationen werden heiße Verbrennungen genannt. Die Luft enthält etwa 21 % reinen Sauerstoff. Unsere Erdkruste besteht zu etwa 63 % aus Sauerstoff, der hier jedoch in Form von chemischen Verbindungen vorliegt. So bildet er z. B. zusammen mit dem Element Silizium Si den überall verbreiteten Quarz  $\text{SiO}_2$ . In den Hydroxiden können die Sauerstoffatome ganz oder teilweise durch eine Hydroxidgruppe OH ersetzt werden. Viele Elemente haben eine besondere Vorliebe, sich mit Sauerstoff zu verbinden: Silizium Si, Magnesium Mg, Aluminium Al, Natrium Na, Calcium Ca, Kalium K, Eisen Fe. Auf diese Weise entstehen eine Reihe wirtschaftlich wichtiger Erze, wie Bauxit, Magnetit, Hämatit, Uranpecherz, Ilmenit, Chromit, Korund.

**Kristallographie:** Die Verbindungen dieser Klasse haben kaum charakteristische gemeinsame Merkmale, nur bei den Oxiden von Eisen, Mangan und Chrom überwiegen dunkle bis schwarze Farben und ein metallischer bis halbmattglänzender Glanz. Der Schmelzpunkt aller Verbindungen ist jedoch relativ hoch, deshalb muß man auch hier auf ein sehr festes Kristallgitter schließen. Es liegen wieder verschieden geladene Atome abwechselnd nebeneinander vor. Dabei ist das Sauerstoffatom relativ groß gegenüber den kleineren Metallatomen. Man stellt sich nun vor, daß die Sauerstoffatome eine dichte Kugelpackung bilden, in deren Hohlräumen (Zwickeln) sich die kleinen Metallatome befinden. Es hängt von der tatsächlichen Größe dieser positiv geladenen Metallatome ab, ob sie von vier, sechs, acht oder zwölf negativen Sauerstoffatomen umgeben werden.

**Petrologie:** Oxide reichern sich naturgemäß dort an, wo Elemente oder Verbindungen mit dem Luftsauerstoff in Berührung kommen. Alle möglichen Mineralien verwittern letztendlich zu Oxiden und Hydroxiden. Sind Gesteine z. B. genügend lange einem tropischen Klima ausgesetzt, werden die Silikate zunächst zu Tonmineralien umgewandelt und später diese weiter zu Oxiden und Hydroxiden, wie Gibbsit, Boehmit, Diaspor, zersetzt. Daraus entstehen im Bereich der Metamorphose andere Oxide wie Korund und Spinell. Durch Verwitterung manganreicher, lateritischer Böden entstehen z. B. Manganoxide. Gebunden an ozeanischen Vulkanismus entstehen Mineralien wie Pyrolusit, Braunit, Hausmannit und Bixbyit. Bei der Pneumatolyse von Gesteinen werden z. B. die Feldspäte angegriffen, Kaliumoxid und Siliziumoxid in einer Lösung abgeführt, es entstehen die wirtschaftlich wichtigen Zinnstein-"Greisen" mit Topas, Wolframit und Fluorit. Sedimente enthalten Eisen oft in Form von Hydroxiden, bei einer beginnenden Metamorphose entsteht daraus Eisenoxid. Ein natürliches Oxid ist auch unser Wasser, Wasserstoffoxid  $H_2O$ , das vier Fünftel der Erdoberfläche bedeckt.

## Zu Vitrine 3, 4 und 5

### 2.2.5 Silikate

**Chemie:** Der Name "Silikat" leitet sich vom lateinischen *silex* = Kieselstein ab und deutet darauf hin, daß es sich dabei um Verbindungen mit  $\text{SiO}_2$  handelt. Silikate sind die wichtigsten Bestandteile der Gesteine der Erdkruste und der anderen festen Himmelskörper, wie es Steinmeteorite beweisen. In der Erdkruste machen sie, Quarz eingeschlossen, etwa 95 % aus. Die Silikate können sehr komplizierte Zusammensetzungen und Strukturen haben (z. B. Hornblende), eine systematische Gliederung ist daher nur über die Kristallstruktur möglich. Wegen der fast stets vorhandenen Mischkristallbildung ist eine chemische Systematik unmöglich.

**Kristallographie:** Der einfachste Baustein der Silikate ist der  $[\text{SiO}_4]$ -Komplex aus vier großen Sauerstoffatomen und einem kleineren Silizium als Zentralatom. Diese  $[\text{SiO}_4]$ -Tetraeder können sich zu allen möglichen Formen aneinanderlagern.

**1. Nesosilikate** (griechisch: *näsos* = Insel). Die  $[\text{SiO}_4]$ -Tetraeder sind inselartig auf Plätzen im Kristallgitter verteilt. Sie sind gekennzeichnet durch hohes spezifisches Gewicht (über 3), hohe Härte (6,5 - 8), meist pseudohexagonale oder pseudokubische Symmetrie.

**2. Sorosilikate** (griechisch: *soros* = Gruppe). Zwei oder drei  $[\text{SiO}_4]$ -Tetraeder werden über ein gemeinsames Sauerstoffatom miteinander zu Gruppen verknüpft, es entstehen  $[\text{Si}_2\text{O}_7]$ - und  $[\text{Si}_3\text{O}_{10}]$ -Komplexe. Die Symmetrie ist meist monoklin.

**3. Cyclosilikate** (griechisch: *kyklos* = Ring).  $[\text{SiO}_4]$ -Tetraeder können sich zu Ringen zusammenschließen; durch einen Dreerring entsteht der Komplex  $[\text{Si}_3\text{O}_9]$ , einen Viererring der Komplex  $[\text{Si}_4\text{O}_{12}]$ , einen Sechsering der Komplex  $[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$ . Meist trigonale oder hexagonale Symmetrie.

**4. Inosilikate** (griechisch: inos = Faser).  $[\text{SiO}_4]$ -Tetraeder lagern sich zu unendlich langen Einfachketten oder auch Doppelketten (Bändern) aneinander. Es entstehen so die Komplexe  $[\text{Si}_2\text{O}_6]$  und  $[\text{Si}_4\text{O}_{11}]$ . Es existieren parallel zu den Ketten stets mehrere Ebenen guter Spaltbarkeit, die Kristalle erscheinen stengelig und faserig.

**5. Phyllosilikate** (griechisch: phyllon = Blatt). Jedes  $[\text{SiO}_4]$ -Tetraeder ist an drei Nachbartetraeder gebunden, es entstehen unendliche Flächen von Tetraederschichten. So entstehen Mineralien mit pseudohexagonaler, tafeliger bis schuppiger Ausbildung und einer ausgezeichneten Spaltbarkeit parallel der Schichten (Glimmer).

**6. Tektosilikate** (griechisch: techtoneia = Fachwerk).  $[\text{SiO}_4]$ -Tetraeder verknüpfen sich hier zu einem dreidimensional unendlichen Gebilde.

**Petrologie:** Die verbreitetsten Silikate sind Gemengteile magmatischer Gesteine. Verwittern diese, können wasserhaltige sekundäre Silikate entstehen. Sedimentäre Gesteine bestehen zu einem sehr großen Teil aus Quarz (Sand) und Tonmineralien (hauptsächlich Phyllosilikate). Im metamorphen Bereich entstehen daraus wiederum wasserfreie Silikate.

## Zu Vitrine 5

### 2.2.6 Phosphate, Arsenate, Vanadate

**Chemie:** Dieser Klasse gehören hauptsächlich die Salze der Phosphorsäure  $H_3[PO_4]$  an, wegen enger kristallchemischer Verwandtschaft werden diesen die Salze der Arsensäure  $H_3[AsO_4]$  Vanadiumsäure  $H_3[VO_4]$  zugeordnet. Rein formal sehen diese Säuren denen der VI. Klasse sehr ähnlich mit dem einzigen, aber sehr wichtigen Unterschied, daß sie drei Wasserstoffatome enthalten. Auch in diese Salze können Hydroxid-Gruppen, Fluor und Chlor sowie Uranoxid  $UO_2$  als zusätzliche Komplexe eingebaut werden, außerdem enthalten sehr viele Verbindungen Kristallwasser. Chemisch sehr komplizierte Verbindungen entstehen so, z. B. der Türkis  $CuAl_6[(OH)_2/PO_4]_4 \cdot 4H_2O$ . Für den Säurewasserstoff sind die Metalle Kupfer und Aluminium eingesetzt, zwei Hydroxid-Gruppen kommen als zusätzliche Komplexe hinzu; außerdem enthält Türkis vier Kristallwasserteilchen. Die positiven Metallatome außerhalb der eckigen Klammern werden jeweils nach ihrer Größe geordnet, ebenso wie die Komplexe innerhalb der eckigen Klammern, die ihrerseits dann durch senkrechte Striche voneinander getrennt werden. Das Kristallwasser steht am Ende der Formel.

**Kristallographie:** Vier große Sauerstoffatome ordnen sich wieder zu einem Tetraeder, in dem sich bildenden Zwickel sitzt das Phosphor-, Arsen- oder Vanadium-Atom. Durch den Einbau vieler verschiedener und unterschiedlich großer Atome und Komplexe sowie nichtgebundener Wasserteilchen sind die Kristallgitter nicht mehr so übersichtlich und gleichmäßig aufgebaut wie die vorher erwähnten Verbindungen, die Komplex-Tetraeder sind verzerrt, oft bleiben Kristallgitterplätze unbesetzt.

**Petrologie:** Die Zahl der in der Natur vorkommenden Phosphate ist sehr groß. Apatit und einige andere Phosphor-Mineralien sind als magmatische Ausscheidungen Ausgangsprodukte des komplizierten Phosphor-Kreislaufes. Umlagerung bringt den Phosphor ins Meerwasser, wo er vor allem in Schalen und Hartteilen von Tieren gespeichert

wird und später in den Sedimenten wiederzufinden ist. Durch Gebirgsbildungsvorgänge und erneute Verwitterung finden wiederum Umlagerungsprozesse und weitere Konzentrationen statt. Alle übrigen wichtigen Phosphatlagerstätten sind biochemisch-sedimentärer Entstehung. Die Phosphate in Florida sind ein Gemisch von Geröll, aufgearbeiteten phosphatischen Kalken zusammen mit Sand, fossilen Knochen und Zähnen, die sich in Erosionsrinnen an den Küstenzonen gesammelt haben. Wirtschaftlich sehr wichtig sind auch die Guano-Ablagerungen auf den Koralleninseln der Südsee, die von Exkrementen unzähliger Seevögel stammen. Die meisten Phosphate sind typische sekundäre Bildungen in der Oxidationszone sulfidischer Lagerstätten und bilden dort oft farbenprächtige "Ausblühungen". Die Uranverbindungen dieser Klasse entstanden ausnahmslos durch Oxidation, größere Anreicherungen können lokal abbauwürdig sein. Sie bilden eine sehr große Anzahl meist leuchtend gelb gefärbter Mineralien von glimmerähnlichem Aussehen. Alle Mineralien dieser Klasse zeigen einen nichtmetallischen Charakter.

## Zu Vitrine 5

### 2.2.7 Sulfate, Chromate, Molybdate, Wolframate

**Chemie:** Dieser Klasse gehören die Salze folgender Säuren an:

Schwefelsäure  $H_2 [SO_4]$

Chromsäure  $H_2 [CrO_4]$

Molybdänsäure  $H_2 [MoO_4]$

Wolframsäure  $H_2 [WO_4]$

Wie bei den Säuren der V. Klasse hebt man auch hier Komplexe durch eckige Klammern hervor. Sie bestehen aus vier Sauerstoffatomen und einem Zentralatom. Damit ein Salz entsteht, muß der Säurewasserstoff durch ein oder mehrere Metallatome ersetzt werden; häufig sind z. B. Calcium Ca, Strontium Sr, Barium Ba, Blei Pb, Kupfer Cu, Kalium K, Aluminium Al. Viele Sulfate enthalten außerdem eine Hydroxid-Gruppe OH, Fluor F oder Chlor Cl und auch Kristallwasser. Solche Sulfate zeichnen sich meist durch eine geringere Härte und Dichte aus. Die Sulfate von Blei, Calcium, Strontium und Barium lösen sich in Wasser schwer oder gar nicht. Die meisten übrigen lösen sich leicht in Wasser und sind daher in der Natur wenig beständig. Chromate bilden gelbe, orangefarbene bis rote, meist wasserlösliche Kristalle; die Natriumsalze ziehen Wasser an.

**Kristallographie:** Eine wichtige Einheit innerhalb der Kristallstruktur ist wieder der Komplex: Vier große Sauerstoffatome umgeben ein wesentlich kleineres Zentralatom. Dabei ordnen sich drei Sauerstoff-"Kugeln" in der Ebene zu einem Dreieck an, über der sich bildenden Lücke befindet sich die vierte "Kugel". Verbindet man nun die Mittelpunkte der vier Atome miteinander, so erhält man ein Tetraeder. Der gebildete Zwickel ist größer als bei den Karbonaten, d. h. das gerade passende Zentralatom muß auch größer sein. In der Kristallstruktur sind die Tetraeder durch die positiv geladenen Metallatome verknüpft.



**Petrologie:** Die Mineralien dieser Klasse sind in den allermeisten Fällen Verwitterungsprodukte. Die z. T. wenig beständigen Sulfate finden sich größtenteils im Eisernen Hut von sulfidischen Lagerstätten, andere sind Absätze aus Meer- oder Binnenseewasser, auch finden sich oft dicke Barytablagerungen ( $\text{BaSO}_4$ ) um Rohre und Leitungen in alten Gruben. In trockenen Gebieten der Erde kristallisieren Sulfate nahe der Oberfläche aus dem Grundwasser aus, so bilden sich die bekannten Wüstenrosen aus Gips. Auch die Chromate, Molybdate und Wolframate sind typisch und durch ihre bunten Farben auffallend in den Oxidationszonen der sulfidischen Erzlagerstätten. Eine Ausnahme bildet der Baryt. Aus ihm setzt sich oft die Gangart in hydrothermalen Erzgängen zusammen. Auch die Wolframate (Wolframit, Scheelit) finden sich häufig in pegmatitisch-pneumatolytischen Gängen.

## Zu Vitrine 1, 2, 3 und 6

### 2.2.8 Nitrate, Karbonate, Borate

und **Chemie:** In dieser Klasse sind die Salze von drei Säuren  
2.2.9 zusammengefaßt:

Kohlensäure  $\text{H}_2 [\text{CO}_3]$

Salpetersäure  $\text{H} [\text{NO}_3]$

Borsäure  $\text{H}_3 [\text{BO}_3]$

Diese Säuren bestehen jeweils aus Wasserstoff H und einer Gruppe, die sich aus drei Sauerstoffatomen und einem weiteren Element zusammensetzt, man nennt diese Gruppe "Komplex". Nach einer Konvention werden in der Mineralogie diese Komplexe in eckige Klammern gesetzt. Kommen mehrere Komplexe im gleichen Mineral vor, werden sie innerhalb der eckigen Klammer durch senkrechte Striche voneinander abgegrenzt. Treten nun an die Stelle des Säurewasserstoffs ein oder mehrere Metallatome, bezeichnet man die neue Verbindung als ein Salz. Die Natur schafft jedoch nicht immer so einfache Verbindungen. In den allermeisten Fällen decken chemische Analysen das Vorhandensein vieler verschiedener Metalle, mehrerer Komplexe und oft von Wasser auf. Ein Beispiel: Artninit  $\text{Mg}_2 [(\text{OH})_2 / \text{CO}_3] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ . Das Mineral ist ein Salz der Kohlensäure, was man sofort am  $\text{CO}_3$ -Komplex in der eckigen Klammer ablesen kann. Außerdem ist noch ein weiterer Komplex 2mal vorhanden, die Hydroxid-Gruppe OH. An die Stelle des Säurewasserstoffs ist das Metall Magnesium Mg getreten. In Hohlräumen des Kristallgitters befinden sich drei Wasserteilchen, das "Kristallwasser", das durch Erhitzen ausgetrieben werden kann.

**Kristallographie:** Bei genauerer Betrachtung der drei genannten Komplexe stellt man fest, daß Stickstoff, Kohlenstoff und Bor etwa gleich groß sind und daß in jedem Komplex je drei große Sauerstoffatome vorhanden sind. Diese lagern sich in einer Ebene so zusammen, daß sie einen winzigen Zwickel bilden, in den gerade das Zentralatom (Stickstoff, Kohlenstoff, Bor) hineinpaßt. Man nennt dies ein Koordinationspolyeder und

diesen besonderen Fall eine planare Dreiergruppe. Die einzelnen Bauteile  $\text{CO}_3$  sind im Kristallgitter durch die Metallatome zu einem festen Verband verknüpft.

**Petrologie:** Alle Nitrate sind sehr leicht wasserlöslich, daher findet man sie als Mineralien nur in trockenen, heißen Klimaregionen, meist als Eindunstungsprodukte an Salzseen. Bis zu Maximalgehalten von über 30 % sind die Nitrate z. B. in den hochgelegenen Pampas der chilenischen Anden konzentriert. Calcit (Calciumcarbonat) wird in mächtigen Schichten am Meeresboden abgelagert, gerät oft unter den Einfluß der Metamorphose und wird so zu Marmor. Durch hydrothermale Lösungen kann das Calcium aus seinem Salz verdrängt und durch ein anderes Metall ersetzt werden; ein Marmorvorkommen in Hüttenberg/Kärnten wurde auf diese Weise durch eisenreiche Lösungen z. T. in Siderit (Eisencarbonat) umgewandelt. Die Karbonate zersetzen sich bei der Einwirkung von Säuren (Salzsäure) mehr oder weniger leicht unter Entwicklung von Kohlendioxid. Dies ist ein hervorragendes diagnostisches Hilfsmittel. Kohlensäurereiches Regenwasser und Sauerstoff der Luft führen zum Zersetzen der oberen Partien sulfidischer Lagerstätten u. a. zu Karbonaten. Borate werden überwiegend sedimentär gebildet als Eindunstungsprodukt aus Borax-Seen und sind schwer löslich.

## Organische Verbindungen

Organische Verbindungen die aus dem Mineralbereich kommen sind im engeren Sinn keine Minerale. Sie sind Salze organischer Säuren, Verbindungen mit einer elementaren Zusammensetzung an der sich hauptsächlich Kohlenstoff (C), Wasserstoff (H) und Sauerstoff (O) und bei einigen Verbindungen auch Metalle bzw. Alkalien beteiligen.

Im Prinzip können folgende Gruppen unterschieden werden.

### A. Salze organischer Säuren mit Metallen.

Hier findet sich der Honigstein  $(Al_2) C_{12} O_{12} + 18 H_2O$

der Oxalit  $2 Fe C_2 O_4 + 3 H_2O$

der Whewellit  $Ca C_2 O_4 + H_2O$

### B. Harze

Zu dieser Gruppe gehören der Bernstein, der ein Gemenge aus Bernsteinsäure darstellt und die chemische Formel  $C_{10} H_{16} O$  besitzt.

der Krantzit mit der gleichen Formel,

der Retinit oder Retinasphalt

der Walchowit  $C_{12} H_{18} O$

der Ixolyt, der Euosmit und der Asphalt oder Erdpech.

Letzterer mit unbestimmten Mengenverhältnissen an Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff.

Ferner noch einige Verbindungen aus speziellen lokalen Vorkommen.

### C. Kohlenwasserstoffe

Die Verbindungen dieser Gruppe bestehen aus den Elementen Kohlenstoff (C) und Wasserstoff (H) und unterscheiden sich nur durch verschiedene Mengenanteile beider Elemente.

Hierzu gehören neben dem Ozokerit (Paraffin) die Wackkohle oder Pyropissit und als wichtigster Vertreter das Erdöl (Petroleum, Naphta) dessen allgemeine Formel mit  $C_n H_{2n+2}$  dargestellt wird.

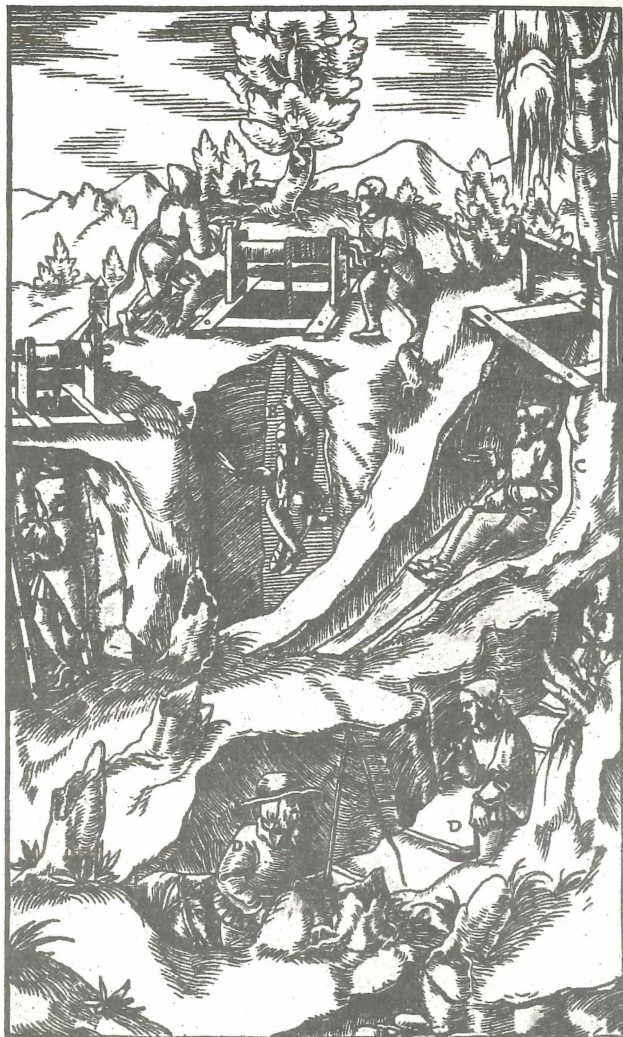
Bei den Kohlenwasserstoffen werden - verständlicherweise - nur die festen Verbindungen in die engere Bezeichnung "Organische Mineralien" einbezogen.

## 2.2.11 Kohlen

### Die Entstehung der festen Brennstoffe

#### Geschichtlicher Überblick

Nach alten Fundquellen ist die Verwendung von Kohlen seit mindestens 2000 Jahren bekannt. Erstmals wird ihre Benutzung von dem griechischen Philosophen und



Naturwissenschaftler T h e o p h r a s t um 300 v.d.Z. beim Erzgießen und Schmieden beschrieben.

Bekannt ist die Gewinnung von Steinkohle seit 833 n.d.Z. in England. Zum eigentlichen Bergbau kam es aber in England, Nordfrankreich und Belgien erst im 12. und 13. Jahrhundert. Quellenangaben des deutschen Bergbaues reichen bis 1113 zurück. In diesem Jahre wurde im Aachener Bezirk Steinkohle abgebaut. Mit der Gewinnung von Steinkohle wurde Anfang des 14. Jahrhunderts im Ruhrgebiet und Mitte des Jahrhunderts in Sachsen begonnen. Der deutsche Braunkohlenbergbau ist jünger. Er geht nur bis ins 16. Jahrhundert zurück. Trotz starker Aufwärtsentwicklung seit dem 16. Jahrhundert gewann er erst ab Mitte des 19. Jahrhunderts größere wirtschaftliche Bedeutung.

Die Entstehung und das Wesen der Kohle war lange Zeit unklar und umstritten. Noch Agricola, der Begründer der Mineralogie, bezeichnete die Kohle im Jahre 1544 als verdichtetes Erdöl. Erst in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts wurde die Auffassung allgemein, daß die Kohlen pflanzlichen Ursprungs sind und die Moore Vorläufer späterer Kohlenlagerstätten darstellen.

Durch viele Funde von Fossilien und wissenschaftliche Untersuchungen von Kohlelagerstätten wurde erst im 19. Jahrhundert langsam Klarheit über die Pflanzenarten erzielt, welche in den erdgeschichtlichen Formationen auftraten und für die Kohlenbildung maßgebend waren.

Die Bedingungen der Kohlebildung in ihren Einzelheiten wurden aber erst in den letzten Jahrzehnten erforscht.

Die Bedingungen für die Torfbildung

Die Kohle entstand nach neueren Erkenntnissen aus Pflanzen. Dieser Umwandlungsprozeß ist ein chemisch-physikalischer Vorgang, welcher sehr langsam vor sich geht. Die Vertorfung ist die erste Umwandlungsstufe. Es ist ein Abbau der Pflanzensubstanz zu Humusstoffen, der sich in jedem Moor abspielt.

Das Absterben der Pflanzen wird wie folgt unterschieden:

- die Verwesung
- die Vermoderung
- die Vertorfung im engeren Sinne und
- die Fäulnis.

Werden abgestorbene Pflanzenteile durch kontinuierliche Einwirkungen des Luftsauerstoffes zersetzt, dann spricht man vom Vorgang der Verwesung. Bei der Vermoderung handelt es sich um einen Vorgang, bei welchem die Einwirkung des Luftsauerstoffes unvollkommen zersetzend wirkt.

Die Pflanzensubstanz wird langsam verändert, ein Vorgang, welchen man auf unseren Waldböden beobachten kann und dort als Moder erkennt.

Die Vertorfung im engeren Sinne spielt sich fast ohne Einfluß des Sauerstoffes ab. Der Luftabschluß erfolgt durch Überlagerung der Pflanzensubstanz von neuen abgestorbenen Pflanzenresten und Durchtränkung dieser Masse mittels Wasser. Außerdem tritt eine verminderte Bakterientätigkeit ein, die bei allen Vorgängen mitbestimmend ist. Gutes Quellungsvermögen und hohe Plastizität unterscheiden den Torf vom Moder. Der Fäulnisprozeß endlich geschieht nur unter dem Wasserspiegel, also ohne Luftsauerstoffeinfluß.

Die einzelnen geschilderten Vorgänge können nicht scharf getrennt werden. Sie gehen ineinander über, wobei ausschlaggebend ist, daß sich die ersten beiden Vorgänge an der Landoberfläche, die Vertorfung teils an Land, teils unter Wasser und die Fäulnis nur unter Wasser vollziehen.

Unter dem Wasserspiegel bildet sich in offenem, stagnierendem Wasser Faulschlamm. Bei langsamer Verlandung dieser Gewässer bilden sich unter Ablagerung von Torf Moore, die in Flach- und Hochmoore unterschieden werden. Die Flachmoore bilden sich unter, die Hochmoore über dem Grundwasserspiegel, wobei sich die Flachmoore durch üppige Vegetation und artenreiche Flora infolge nährstoffreichen Untergrundes und teilweise hohen Kalkgehaltes, und die Hochmoore durch schwache Vegetation und artenarme Flora aufgrund von nährstoffarmem Boden und zunehmender Versauerung desselben, unterscheiden.

Die Entstehung der Moore verlangt einen Grundwasserspiegel, der dicht unter der Erdoberfläche liegt und außerdem ein feuchtwarmes bis gemäßigtes Klima.

Die Verbreitung der Moore auf der Erde beschränkt sich auf die gemäßigten Breiten und liegt zwischen dem 35. und 70. Breitengrad. Die größten Moore sind in der Sowjetunion bekannt. Bei der Bildung von Mooren wird die abgestorbene Pflanzensubstanz in Torf verwandelt und damit der erste Inkohlungsgrad bei der Umwandlung in Kohle erreicht.

### Der Inkohlungsvorgang

Die Entstehung der Kohle aus Pflanzensubstanz nennt man den "Inkohlungsvorgang" oder die "Kohlung".

Die Umwandlung erfolgte stufenweise in folgender Reihenfolge:

Holz  
Torf  
Braunkohle  
Steinkohle  
Anthrazit  
Graphit.

Der Vorgang wird gekennzeichnet durch Anreicherung des Kohlenstoffes (C) und des Abbaues von Sauerstoff (O) und Stickstoff (N) und endlich der Abnahme des Wasserstoffes (H) wie in folgender Tabelle dargestellt.

Stoff	Gehalt an		
	C in %	O + N in %	H in %
Holz	50	44	6
Torf	55 - 60	39 - 35	6 - 5
Braunkohle	60 - 75	34 - 17	4 - 8
Steinkohle	78 - 90	19 - 4	4 - 6
Anthrazit	94 - 98	3 - 1	3 - 1
Graphit	100	-	-



Graphit als Endstufe der Inkohlung ist kristalliner Kohlenstoff, der nicht brennt und nicht zu den Kohlen gerechnet wird.

Die Umwandlung des Torfes in Kohle geschieht erst nach Überlagerung der Torfschichten durch Sedimentgesteine. Die Torfschichten gelangen in größere Tiefe und werden hohen Drücken und hohen Temperaturen ausgesetzt. Beide bestimmen Schnelligkeit und Intensität des Inkohlungsprozesses. Zuerst bilden sich Braunkohlen, die je nach Inkohlungsgrad erhebliche Unterschiede zeigen können. Bei geringer Überlagerung ähneln sie noch sehr dem Torf, während bei größerer Überlagerung ihr Charakter erdig oder knorpelig-stückig ist. Hohe Temperaturen bewirken stärkere Inkohlung und hoher Druck dichtes Gefüge und hohen Härtegrad.

Die nächste Stufe der Inkohlung ist die Umwandlung der Braunkohle in Steinkohle, welche durch Zerfall der Humussäuren gekennzeichnet wird. Bei 300°C soll die Umwandlung in Steinkohle beendet sein. Diese Steinkohle wird als gasreiche Flammkohle bezeichnet. Andere Steinkohlearten bilden sich bei folgenden Temperaturen:

325°C Gasflammkohle, 360°C Fettkohle, 400°C Magerkohle.

Die nächste Inkohlungsstufe ist die Umwandlung nach Anthrazit, welche bei 500 bis 550°C erfolgt.

Neben den Temperaturen bestimmt, wie schon erwähnt, immer gleichzeitig mit der Druck den Inkohlungsgrad. Das Endglied der Inkohlungsreihe - Graphit - entsteht unter besonders hoher Temperatur und hohem Druck.

Natürlich hängt die Beschaffenheit der Kohle auch von dem Ausgangsmaterial, den Holzarten, und den damaligen Vegetationsverhältnissen ab. Herrschte z. B. eine harzreiche Flora vor, dann konnten sich Kohlen mit höherem Bitumengehalt und damit flüchtigen Bestandteilen bilden, die sich besonders zur Verschwelung eignen. Mit zunehmendem Inkohlungsgrad sind die Besonderheiten des Ausgangsmaterials schwer festzustellen und beim Anthrazit nicht mehr.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Nachrichten des Naturwissenschaftlichen Museums der Stadt Aschaffenburg](#)

Jahr/Year: 1983

Band/Volume: [90\\_1993](#)

Autor(en)/Author(s): Höppner Joachim

Artikel/Article: [Führer durch die Mineralogische Abteilung des Naturwissenschaftlichen Museums der Stadt Aschaffenburg 1-33](#)