

Rolf Seim

Minerale

Sammeln
und bestimmen



Professor Dr. sc. nat. Rolf Seim

Minerale

Sammeln und Bestimmen

Neumann Verlag Leipzig · Radebeul

Schwarzweißfotos: Dr. Jürgen Eidam, Konrad Braune und
Margarete Jantzen

Farbaufnahmen: Konrad Braune

Wir danken der Leitung der Mineralsammlung der Bergakademie Freiberg
für die Bereitstellung der Minerale.

Textillustrationen nach Handskizzen des Verfassers: Heinz Rzepka

Hervorgegangen – erweitert und völlig neugestaltet –
aus dem Buchtitel

Rolf Seim, Minerale

Entstehung · Vorkommen · Bestimmung · Verwendung

2. Auflage 1974

1. Auflage 1981, 1. bis 20. Tausend

Alle Rechte vorbehalten

© Neumann Verlag Leipzig · Radebeul 1981

VLN 151—210/62/81–D 118/81

LSV 1429

Lektorin: Hannelore Hüttner

Schutzumschlag- und Einbandgestaltung: Peter Lohse

Typographie: Heinz Rzepka

Printed in the German Democratic Republic

Gesamtherstellung: INTERDRUCK

Graphischer Großbetrieb Leipzig — III/18/97

Best.-Nr. 798 952 2

DDR 24,— M

VORWORT

Dieses Buch wurde für die Freunde der Mineralwelt geschrieben. Es soll ihnen helfen, die Minerale praktisch zu bestimmen. Jedoch begnügt es sich nicht damit, die wichtigsten Bestimmungsdaten zusammenzustellen, sondern es möchte erst einmal ein Fundament schaffen, das den Mineralliebhaber die größeren Zusammenhänge verstehen lehrt: den Aufbau der Erdrinde aus den verschiedenen Gesteinen, die Zusammensetzung der Gesteine aus den Mineralen und schließlich auch die Bildung der Minerale aus den Elementen.

In einem ausführlichen ersten Teil werden viele Fragen beantwortet, die bei jedem auftauchen, der sich intensiv mit Mineralen beschäftigt. Wir lernen, was wir unter einem Mineral zu verstehen haben, wie es zu den verschiedenen Gestalten der Minerale kommt und welche chemischen Bestandteile sie aufbauen. Aber auch die physikalischen Eigenschaften der Minerale werden beschrieben. Der Frage, wie die Minerale und damit auch die Gesteine entstanden sind, wird ein umfangreiches Kapitel gewidmet. Alle diese Ausführungen geben einen Überblick über die Gesetzmäßigkeiten der Mineralwelt und vermitteln damit gleichzeitig die Kenntnisse, die für die Bestimmung eine wesentliche Voraussetzung sind.

Im zweiten Teil sind 300 Minerale beschrieben worden, und zwar in bezug auf ihre äußeren Kennzeichen. Eine kurze Anleitung, wie man an Hand dieser Beschreibungen die Minerale bestimmen kann, geht diesem Teil voraus. Wer sich erst einmal in die Technik der Mineralbestimmung eingearbeitet hat, dem wird es nicht schwerfallen, die Mehrzahl der verbreiteten Minerale richtig anzusprechen. Skizzen der Kristallgestalten und zahlreiche Mineralfotos in Farbe bieten dabei wesentliche Hilfe. Um einen Einblick in die vielfältigen Erscheinungsformen häufiger Minerale zu geben, wurden von manchen Arten mehrere Kristallskizzen und Fotos zusammengestellt.

Es ist weitgehend darauf verzichtet worden, in die Bestimmungslisten Angaben aufzunehmen, die für die Bestimmung nicht unbedingt nötig sind. Aus diesem Grunde wird die Verwendung der Minerale in einem folgenden Teil gesondert beschrieben. Der Leser erfährt, wie die wichtigsten Elemente und Verbindungen bzw. Mineralrohstoffe im Bereich der Technik und Industrie verwertet werden. Eine Zusammenstellung der häufigsten Edelsteine beschließt das Buch. Von jedem Edelstein werden einige äußere Kennzeichen genannt, damit man sich in diesem für viele so anziehenden Sondergebiet zurechtfinden kann.

Das Buch möchte nicht nur dem Mineralfreund in der geschilderten Form ein Ratgeber sein, sondern darüber hinaus in Schülern der allgemeinbildenden Schulen das Interesse für den Stoffbestand der Erdkruste wecken. Das Wissen, das Biologie-, Physik- und Chemieunterricht von den Erscheinungsformen und Gesetzen der Natur vermitteln, wird durch die spezielle Kenntnis der Minerale erweitert und vertieft.

Verlag und Verfasser bitten alle Leser, auf Mängel des Buches hinzuweisen und Vorschläge zu unterbreiten, die seinen Wert für die praktische Mineralbestimmung erhöhen.

Für die vorliegende Auflage wurden viele Farbaufnahmen angefertigt. Herrn K. BRAUNE, dem ich dafür danke, stand das reichhaltige Material der Mineralogischen Sammlung der Bergakademie Freiberg zur Verfügung.

Herrn Dozent Dr. K. KOCH bin ich für seine Unterstützung bei der Auswahl der Minerale zu Dank verbunden und dem Direktor der Sektion Geowissenschaften der Bergakademie für die Genehmigung zur Anfertigung der Mineraufnahmen.

Bei den Mitarbeitern des Verlags bedanke ich mich für freundliche Hinweise, die insbesondere die Bildausstattung betrafen, sowie für die gute Gestaltung des Buches. Möge es auch in der nun vorliegenden Form viele Freunde finden.

Greifswald, im Frühjahr 1980

ROLF SEIM

INHALT

Erster Teil

Was ist ein Mineral?	9
Mineralnamen	11
Die Verwendung der Minerale	11
Künstliche Minerale	13
Struktur und Gestalt der Minerale	15
Feinbau der Kristalle	16
Gestalt der Kristalle	32
Gesetz der Winkelkonstanz	33
Rationalitätsgesetz und Flächenbezeichnung	34
Kristallsysteme und Achsenkreuze	38
Symmetrieeigenschaften der Kristalle	40
Zur Ausbildung natürlicher Kristalle	48
Wachstumsstörungen	49
Kristallverwachsungen	49
Pseudomorphosen	50
Mineralaggregate	51
Physikalische Eigenschaften der Minerale	53
Farbe und Strich	53
Glanz und Durchsichtigkeit	55
Lichtbrechung und Doppelbrechung	56
Härte	58
Spaltbarkeit und Bruch	59
Dichte	60
Lumineszenz	63
Andere physikalische Eigenschaften	65
Chemische Zusammensetzung der Minerale	66
Atombau und chemische Elemente	66
Chemische Zusammensetzung der Erdkruste	72
Chemische Zusammensetzung der Minerale	74
Chemische Einteilung der Minerale	78
Einfache chemische Bestimmungen	83
Die Bildungsweise der Minerale	93
Die magmatische Abfolge	97
1. Magmatische Mineralbildung	98
2. Pegmatitisch-pneumatolytische Mineralbildung	102
3. Hydrothermale Mineralbildung	105
Die sedimentäre Abfolge	109
1. Die mechanischen Sedimentgesteine	111
2. Die chemischen und chemisch-biogenen Sedimentgesteine	113
Die metamorphe Abfolge	123
Einige praktische Ratschläge für den Mineralsammler	131

Zweiter Teil

Hinweise zur Mineralbestimmung	177
Hilfsmittel zur Mineralbestimmung	179
Schlüssel für die Mineralbestimmung	180
Gruppe I: Metallisch glänzende Minerale	
<i>Farbe:</i>	
1. Weiß	181
2. Grau	189
3. Schwarz	199
4. Gelb	201
5. Rot	206
Gruppe II: Halbmetallisch glänzende Minerale und nichtmetallisch glänzende Minerale, die einen farbigen Strich geben	
<i>Strichfarbe:</i>	
1. Schwarz und grau	209
2. Braun	214
3. Rot	223
4. Gelb	227
5. Grün	233
6. Blau	238
Gruppe III: Nichtmetallisch glänzende Minerale mit grauem, weißem oder ohne Strich	
<i>Härte:</i>	
1. Sehr weich (1–3)	240
2. Weich (3–4)	263
3. Mittelhart (4–5)	278
4. Hart (5–6)	287
5. Sehr hart (über 6)	311
Verwendung der Mineralrohstoffe	326
Vorkommen der chemischen Elemente	328
Industrieminerale	347
Edelsteine	350
Durchsichtige Edelsteine	354
Undurchsichtige und durchscheinende Edelsteine	360
Genaue Angaben zu den im Farbteil abgebildeten Mineralen	365
Literaturhinweise	370
Mineralverzeichnis	373
Sachverzeichnis	377

ERSTER TEIL

WAS IST EIN MINERAL?

Unsere Erde, eine etwas abgeplattete Kugel mit einem Radius von 6378 km am Äquator, hat einen schalenförmigen geologischen Bau. Die äußerste dieser Schalen nennt man *Erdkruste*. Sie ist nicht überall gleich dick; im Gebiet der Kontinente erreicht sie eine Mächtigkeit zwischen 30 und 50 km, unter den Ozeanen nur zwischen 10 und 12 km. Die Erdkruste ist – gemessen an der gesamten Erdkugel – einer dünnen Haut vergleichbar. Sie wird vom sogenannten Erdmantel durch eine physikalische Unstetigkeitsfläche getrennt, an welcher die Geschwindigkeit der Longitudinalwellen der Erdbeben von etwa 5 km/s auf 8 km/s ansteigt. Die Trennfläche wird nach dem Belgrader Geophysiker, der diese Tatsache zuerst feststellte, als Mohorovičić-Diskontinuität, kurz „Moho“, bezeichnet.

Über die Beschaffenheit und Zusammensetzung des Erdinneren sind wir auf Vermutungen angewiesen, nur der Stoffbestand der Erdkruste ist unserer Beobachtung zugänglich. Die Erdoberfläche ist nicht unverändert starr, sondern manche Gebiete werden unmerklich abgesenkt und andere herausgehoben. Das Material an den herausragenden Teilen verwittert, wird abgetragen und lagert sich in den Mulden ab: Auf diese Weise erhalten wir Einblick in die Zusammensetzung ehemals tiefer liegender Bereiche. Aber auch Bohrungen, von denen mehrere bis über 7000 m in die Tiefe drangen, geben uns Kenntnis vom oberen Teil der Erdrinde.

Wir wollen uns an einer beliebigen Stelle den Stoff dieser Erdkruste anschauen und begeben uns deshalb in einen Granitsteinbruch. Die Bodendecke und der Verwitterungsschutt, welche die Beobachtung sonst stören, wurden dort als Abraum beiseite geschafft. Wenn wir das Material betrachten, fällt uns zuerst auf, daß sich der Granit aus verschiedenen Bestandteilen zusammensetzt. Im Handstück erkennen wir reichlich grauweiße Bestandteile, deren glatte Flächen deutlich spiegeln. Es handelt sich dabei um *Feldspat*. Ebenfalls in größerer Menge ist rauchgrauer, muschelrig brechender *Quarz* enthalten. Eine dritte Komponente ist schwarzbraun und kommt blättchenförmig vor. Sie wird *Biotit* genannt. Der Granit besteht demnach, soweit sich das mit bloßem Auge erkennen läßt, aus drei Gemengteilen (Abb. 1, S. 17). Eine genaue chemische und physikalische Untersuchung dieser Gemengteile würde ergeben, daß sie jeweils charakteristische Eigenschaften besitzen: Sie haben eine ganz bestimmte chemische Zusammensetzung, eine bestimmte Dichte, und die einzelnen chemischen Elemente sind in ihnen gesetzmäßig angeordnet.

Die stofflich einheitlichen, natürlichen Bestandteile der Erdkruste bezeichnen wir als Minerale.

An unserem Beispiel sehen wir, daß die Minerale als Gemenge vorkommen können. Bei der bisherigen Untersuchung der zugänglichen Erdkrustenbereiche hat sich gezeigt, daß sich ganz bestimmte Mineralvergesellschaftungen an verschiedenen Stellen wiederholen. Offenbar wird in der Natur

unter den gegebenen Bedingungen nur ein Teil aller theoretisch denkbaren Mineralgemenge gebildet. Es ist üblich, die natürlichen Mineralaggregate als *Gesteine* zu bezeichnen, wenn sie einen größeren Raum einnehmen und als selbständige geologische Körper auftreten. Demgegenüber spricht man von *Minerallagerstätten*, wenn es sich um mengenmäßig untergeordnete Vorkommen von Mineralaggregaten handelt, die in den Gesteinen eingelagert sind.

Sowohl bei den Gesteinen als auch bei den Minerallagerstätten haben wir es mit höheren Einheiten zu tun, die sich von den Mineralen durch ihre wechselnde Zusammensetzung unterscheiden. Im Granit zum Beispiel können die einzelnen Bestandteile in unterschiedlichen Mengen vorhanden sein. Erst wenn ein Mineral stark zurücktritt oder ganz verschwindet und durch ein anderes ersetzt wird, entsteht ein anderer Gesteinstyp. Während somit der Stoffbestand eines Gesteins und einer Minerallagerstätte in der Regel Schwankungen unterliegt, hat ein Mineral eine bestimmte chemische Zusammensetzung.

Zwischen den Gesteinen als Mineralgemengen und den eigentlichen Mineralen hat wohl erstmalig der schwedische Forscher Axel Friedrich Freiherr von CRONSTEDT in seinem 1758 erschienenen „System der Mineralogie“ unterschieden.

Da die meisten Gesteine als Mineralgemenge erkennbar sind, lassen sich Minerale und Gesteine im allgemeinen leicht auseinanderhalten. Nur bei sehr feinkörnigen Gesteinen, die im Handstück dicht erscheinen, wird erst eine mikroskopische Untersuchung anhand eines etwa 0,02 bis 0,03 mm dünnen Präparates, des Gesteinsdünnschliffes, den Aufbau aus mehreren Komponenten verdeutlichen. Vor der Einführung der Gesteinsdünnschliffe in der Mitte des vorigen Jahrhunderts war eine sichere Unterscheidung nicht möglich, so daß manche Gesteine für derbe oder dichte Minerale gehalten wurden. Durch mikroskopische Untersuchung hat wahrscheinlich zuerst H. FISCHER 1869 solche dichte Massen als Mineralgemenge erkannt.

Am Aufbau der Erdkruste beteiligen sich etwa 2500 Minerale. Das ist, wenn man an die Unmenge der Pflanzen- und Tierarten denkt, eine verhältnismäßig geringe Anzahl. Hinzu kommt, daß nicht alle eine gleich große Bedeutung haben. Nur etwa 300 Minerale sind so verbreitet, daß ihre Bestimmung nach äußeren Kennzeichen wünschenswert erscheint. Auf sie beschränken sich die in diesem Buch zusammengestellten Angaben zur Bestimmung. Die Mehrzahl der übrigen, zumeist sehr seltenen Minerale ist oft nicht leicht zu erkennen. Bei ihnen wird sich auch der Mineraloge spezieller Methoden, die ein entsprechendes Fachwissen voraussetzen, bedienen.

Die häufigen und verbreiteten Minerale sind heute bekannt. Trotzdem werden noch immer bislang unbekannte Bauelemente der Erdrinde gefunden. Durch eine verfeinerte Untersuchungsmethodik, mit der auch die Zusammensetzung winziger Partikeln genau erfaßt werden kann, und durch die intensive geologische Erforschung der bisher weniger bekannten Gebiete hat sich in letzter Zeit die Zahl der jährlich entdeckten Minerale sogar erhöht. Jährlich werden etwa 50 neue Minerale beschrieben. Dabei handelt es sich allerdings meist um sehr seltene Bildungen, die man oft nur in kleinen Mengen und an wenigen Orten der Erde findet.

Wir dürfen erwarten, daß in den kommenden Jahrzehnten neben den Mondproben auch Materie von der Oberfläche anderer Planeten in unsere Hände gelangt. Aus unseren bisherigen Kenntnissen über die Mineralbildung werden wir dann auf die Bedingungen schließen können, unter denen andere Weltkörper entstanden. Durch die Erforschung des Weltraumes eröffnen sich also auch der Mineralogie – der Wissenschaft, die sich mit den Eigenschaften

und der Entstehung der Minerale beschäftigt – ganz neue Gebiete. Die Untersuchung der Meteorite ist der Ausgangspunkt dieser „kosmischen Mineralogie“.

Mineralnamen

Mit der Zahl der Minerale darf die Zahl der etwa 6200 Mineralnamen nicht verwechselt werden. Nicht wenige Minerale haben zwei oder mehr Namen. Einige Bezeichnungen für Abarten, die sich in der Farbe, der Gestalt usw. unterscheiden, sind berechtigt und haben sich eingebürgert. Viele Namen stellen jedoch einen unerwünschten Ballast dar, der leider schwer zu beseitigen ist. In den Bestimmungstabellen sind alle verbreiteten Namen aufgeführt.

Für die Benennung der Minerale gibt es im Gegensatz zur Zoologie und Botanik keine Regeln. Einige Beispiele mögen verdeutlichen, welche Gesichtspunkte bei der Namensgebung maßgebend waren:

Adular nach dem Fundort Mons Adula im St. Gotthardgebiet

Biotit zu Ehren des französischen Gelehrten J. B. Biot

Chloanthit aus griech. chloa = junges Grün, antheo = hervorsprossen: das Mineral überzieht sich mit einem grünen Belag

Desmin von griech. desme = Bündel: nach der bündelförmigen Gestalt

Euklas von griech. eu = wohl und klasis = Spaltung: nach der guten Spaltbarkeit

Fahlerz nach der fahlgrauen Farbe

Graphit von griech. graphein = schreiben: das Mineral färbt ab

Hyalit von griech. hyalos = Glas: wegen der Durchsichtigkeit

Ilvaite nach der Insel Elba, lat. Ilva

Jodargyrit nach der chemischen Zusammensetzung: Jod und griech. argyros = Silber

Karpholit von griech. karphos = Stroh; wegen seiner strohgelben Farbe und lithos = der Stein

Ludwigit nach Prof. Ludwig, der das Mineral analysierte

Markasit nach der alchemistischen Bezeichnung für Schwefelverbindungen = marcasitae.

Diese Liste ließe sich fortführen, aber wir ersehen schon aus den wenigen Beispielen, daß die Minerale entweder nach auffälligen Eigenschaften benannt wurden oder daß sie nach der chemischen Zusammensetzung, dem Verhalten bei der chemischen Untersuchung, nach dem Fundort oder nach Personen, vor allem Naturwissenschaftlern, ihren Namen erhielten.

Die Verwendung der Minerale

Minerale werden in vielfältiger Weise genutzt. In erster Linie gewinnt man Grundstoffe und Verbindungen aus ihnen, die von der chemischen und metallverarbeitenden Industrie benötigt werden. Mineralrohstoffe, aus denen die Hüttenbetriebe chemische Elemente erschmelzen, nennen wir *Erze*. In diesen Erzen sind chemische Elemente stärker als durchschnittlich innerhalb der Erdkruste enthalten. In welchem Maße einige wichtige Metalle in einer bauwürdigen Lagerstätte angereichert sein müssen, zeigt die folgende Tabelle.

Die Stoffsonderungsvorgänge, die zur Entstehung von Erzlagerstätten führen, sind vielfach sehr kompliziert. Eine erste und grundlegende Materialsonderung fand wahrscheinlich in einer sehr frühen Entwicklungsstufe der Erde statt. Wir nehmen an, daß im noch flüssigen Erdball drei nicht mischbare Schmelzen entstanden. Die schwerste Schmelze, im wesentlichen aus Eisen und Nickel bestehend, bildete den Erdkern mit der Dichte 8 und einem Radius von etwa 3500 km. Eine leichtere Schmelze brachte die aus Sulfiden und Oxiden von Schwermetallen bestehende 1700 km mächtige Zwischenschale von der Dichte 5 bis 6 hervor. Aus der leichtesten Schmelze entwickelte sich die ca. 1200 km dicke Silikatschicht der Erde, die im inneren Teil eine Dichte von 3,6 bis 4 und im äußeren, etwa 120 km mächtigen Teil eine Dichte von 2,8 aufweist.

Durchschnittsgehalt einiger Elemente in der 16-km-Erdrinde und Mindestgehalt dieser Elemente in bauwürdigen Erzvorkommen
(nach H. SCHNEIDERHÖHN, 1962)

Metall	Durchschnittsgehalt der Erdrinde in %	Mindestgehalt in einer Lagerstätte	Anreicherung
Al	8,13	30 %	3,7 ×
Fe	5,00	25–30 %	5–6 ×
Mn	0,1	35 %	350 ×
Cr	0,02	30 %	1500 ×
Ni	0,008	1,5 %	188 ×
Zn	0,008	4 %	500 ×
Cu	0,007	1 %	140 ×
Sn	0,004	1 %	250 ×
Pb	0,0016	4 %	2500 ×
Ag	0,00001	500 g/t	5000 ×
Au	0,0000005	5–10 g/t	1000–2000 ×

Weitere Elementkonzentrationen fanden im Rahmen der vielfältigen Materialumlagerungen innerhalb der äußeren Erdhülle statt. Zu diesen geologischen Vorgängen rechnen wir die Verwitterung, den Transport fester oder gelöster Substanzen in den Flüssen und im Meer, aber auch das Aufdringen von Schmelzen aus größeren Tiefen und die Wiederaufschmelzung fester Gesteine. Sie vollzogen sich in einem Zeitraum von vielen hundert Millionen Jahren. Die Gesetze, nach denen die chemischen Elemente im Erdkörper verteilt sind, erforscht die *Geochemie*.

Während manche Metalle, wie Eisen, Kupfer und Zinn, schon in ältesten Zeiten gewonnen wurden, ist die Gewinnung anderer Metalle noch jung. Aluminium wird erst seit 1886 industriell verwendet, nachdem HALL und HEROULT die elektrolytische Darstellung dieses Metalls aus einer Aluminiumoxidschmelze mit Kryolithzusatz entwickelten. Wir können uns heute das Leben ohne Aluminiumlegierungen nicht vorstellen: Im Flugzeugbau, in der Elektrotechnik, in der Leichtindustrie usw. sind sie unentbehrlich. Eine nicht geringe Zahl von Elementen wird erst seit den letzten Jahrzehnten industriell gewonnen, seitdem die Technik sich stürmisch entwickelt und – denken wir nur an den Bau von Atomkraftwerken und Raketen – nach Werkstoffen mit enormer Hitzebeständigkeit verlangt. Es stellte sich heraus, daß viele „seltene Metalle“ solche Eigenschaften aufweisen. Bor zum Beispiel hat durch seine

Fähigkeit, Neutronen zu absorbieren, in der Kerntechnik zur Steuerung des Neutronenflusses in Kernreaktoren große Bedeutung erlangt. Auch Beryllium, Gallium, Germanium und eine Reihe weiterer seltener Metalle werden in immer größerem Umfang verwendet. Minerale, die solche Elemente enthalten und früher wirtschaftlich uninteressant waren, sind zu wertvollen Rohstoffen geworden.

Die Minerale sind jedoch nicht nur Ausgangsmaterial für die Metallgewinnung, sondern auch für feuerfeste Massen, die die Stahlindustrie benötigt. Aus Mineralen fertigt man keramische Produkte, Porzellan und Steingut. Mineralische Rohstoffe werden von der Textil-, Farbstoff-, Papier- und Glasindustrie verwertet. Sie dienen als Steinsalz unserer Ernährung unmittelbar und tragen in Form der Kalidüngemittel auf dem Umweg über die Landwirtschaft zur Verbesserung unserer Ernährung bei.

Auf Grund bestimmter physikalischer Eigenschaften werden in der optischen Industrie und anderen Industriezweigen Minerale zu Bauelementen verarbeitet. Aus Fluorit fertigt man spezielle Mikroskop-Objektive, die „Fluoritsysteme“. Isländischer Doppelspat, ein klar durchsichtiger Calcit, war lange Zeit unersetzlich für die Herstellung von Polarisatoren, mit denen linear polarisiertes Licht für die mikroskopische Gesteinsuntersuchung erzeugt wird. Für Schneiden und Auflagen empfindlicher Analysenwaagen bevorzugt man noch heute den harten Achat. Mit Diamant als Besatz von Bohrkronen kann selbst das härteste Gestein durchbohrt werden. Korund und Granat erwiesen sich als geeignete Schleifmittel. Quarz hat die Eigenschaft, in einem hochfrequenten elektrischen Schwingungsfeld in mechanische Resonanzschwingung versetzt zu werden; das läßt ihn als Steuer- oder Schwingquarz von Sendern unentbehrlich erscheinen. Er wird aber auch zur Erzeugung von Ultraschallwellen und für den optischen Gerätebau benötigt. Man könnte noch weitere *Industriemineral*e aufzählen, aber wir wollen uns zunächst mit diesen Beispielen begnügen.

Manche Minerale werden als *Edel- und Schmucksteine* verwendet. Hier sind es vor allem ästhetische Gesichtspunkte, die zu einer Auswahl führten. Neben dem Glanz, einer schönen Farbe, einem Farbenspiel oder irgendwie auffallenden optischen Erscheinungen zeichnet die meisten Edelsteine eine gewisse Härte und Seltenheit aus.

Künstliche Minerale

Es wird nicht verwundern, daß die Wissenschaftler versucht haben, nutzbare Minerale im Laboratorium herzustellen. Die „Vorversuche“ für diese Mineralsynthesen erledigte die Natur, denn aus dem natürlichen Vorkommen lassen sich bereits wichtige Hinweise auf die Bedingungen ableiten, unter denen die Minerale entstehen.

Die synthetischen Minerale haben die gleiche chemische Zusammensetzung und die gleiche Struktur wie die entsprechenden natürlichen Bildungen. Der Vorteil der Mineralzüchtung liegt darin, daß die Industrie von den Naturvorkommen unabhängig wird und dadurch viele Stoffe in breiterem Maße verwendet werden können. Da sich das Mineralwachstum im Labor besser steuern und kontrollieren läßt, sind die künstlichen Minerale zudem oft mit weniger Fehlern behaftet als die natürlichen.

Eine der ältesten technisch durchführbaren Synthesen ist die seit 1910 übliche Züchtung von Korund und Spinell in Verneuil-Öfen, die in ganzen Serien aufgestellt werden. Ausgangsmaterial für die Korunderzeugung ist Tonerde.

Indem man dieser Tonerde färbende Metalloxide zusetzt, kann man auch Saphir und Rubin, zwei Edelsteinvarietäten des Korunds, züchten. Um Spinell künstlich herzustellen, wird chemisch reine voluminöse Tonerde mit Magnesiumoxid vermischt. Bei einer Temperatur von 2000°C schmilzt die Masse im Verneuil-Ofen, tropft auf einen Schamottestift und erstarrt dort. Die Oberfläche wird flüssig gehalten, und durch die auftropfende Substanz vergrößert sich das künstliche Mineral, wobei es eine birnenförmige Gestalt annimmt.

Wurden am Anfang vor allem Edelsteine künstlich hergestellt – im Jahre 1935 gelang sogar die Synthese des wertvollen Smaragdes –, so sind später auch viele Industriemineralien im Labor gezüchtet worden. Heute entstammt der überwiegende Teil der Lagersteine für Uhren und Analysenwaagen industriellen Fertigungsstätten. Auch die Fluoritobjektive werden nunmehr fast ausschließlich aus künstlichem Fluorit gefertigt. Quarzkristalle können aus sehr heißen wässrigen Lösungen in beträchtlicher Größe gewonnen werden.

Schließlich glückte es 1954, auch den Diamanten zu erzeugen, nachdem viele vorausgegangene Versuche fehlgeschlagen waren. Für die Diamantsynthese sind enorm hohe Drücke und Temperaturen erforderlich, wie sie in der Erde erst in erheblicher Tiefe herrschen, und zwar Temperaturen zwischen 1200 und 3000°C und Drücke zwischen 75000 und 120000 atm. In einigen Ländern gibt es Apparaturen für die Herstellung von Diamanten. Inzwischen wurden aus den Labors Fertigungsstätten, die heute verschiedene Industriezweige mit diesem härtesten aller Minerale beliefern.

STRUKTUR UND GESTALT DER MINERALE

Das augenfälligste Merkmal vieler Minerale besteht darin, daß sie ebenflächig begrenzte Körper bilden können, wie sie uns aus der Raumlehre als Vielflächner (Polyeder) bekannt sind. Solche Körper werden sich aber nur dort entwickeln, wo das Wachstum der Minerale nicht behindert ist.

So konnten sich zum Beispiel, als der Granit aus einer Schmelze kristallisierte, in kleinen gasgefüllten Räumen die Minerale einzeln und ebenflächig begrenzt ausbilden, die im Granit zusammengesetzt in Erscheinung treten. In der benachbarten Masse des Gesteins war diese Flächenentwicklung nicht möglich, weil sich die Bestandteile bei ihrem Wachstum gegenseitig behinderten. In den Hohlräumen aber, den sogenannten Drusen, finden wir Glimmer in sechsseitigen Tafeln, Quarz als sechsseitige Säulen, die an einem Ende zugespitzt sind, und gedrungene Körper von Feldspat.

Auch in Erzgängen, den gefüllten Gesteinsspalten, treffen wir auf Minerale mit gut entwickelter äußerer Form. Die gleichen Minerale sind oft im kompakten Erz in derben, unscheinbaren Massen enthalten. Nur selten entwickeln die Minerale Einzelkörper mit ebenen Umgrenzungsflächen, denn meist ist nicht genügend Raum für ein unbehindertes Wachsen vorhanden. Berühmt sind die Kristallhöhlen der Alpen, wo eines der in der Erdkruste häufigsten Minerale, der Quarz, in völlig durchsichtigen Körpern mit gut spiegelnden Flächen vorkommt. Diese Ausbildungsweise des Quarzes bezeichnen wir als *Bergkristall*. Im Altertum galt der Bergkristall als besonders fest gefrorenes Eis (griech. kristallos = Eis); von ihm leitete sich das Wort *Kristall* ab. Später nannte man alle ebenflächig begrenzten anorganischen Naturkörper Kristalle. Der Laie verbindet heute noch die gleiche Vorstellung mit diesem Begriff.

Bei der Erforschung der Minerale wurde erkannt, daß die äußere Form nicht von vorrangiger Bedeutung ist. Von dem inneren Aufbau, der *Struktur*, werden die Eigenschaften der Minerale bestimmt! Die Spaltbarkeit, die Härte, das optische Verhalten der Minerale *und* ihre Gestalt sind der Ausdruck einer inneren Ordnung. Von diesem Gesichtspunkt aus unterscheiden wir Minerale mit ungeordnetem innerem Aufbau – sie sind bei weitem in der Minderzahl – und solche, deren innerer Aufbau geordnet ist. In der Wissenschaft bezeichnete man nun zunächst alle Minerale mit geordnetem Innenbau als Kristalle. Schließlich übertrug man diesen Begriff auf alle festen Stoffe, die eine gesetzmäßige Atomanordnung aufweisen; so daß heute auch künstliche Stoffe „Kristalle“ genannt werden können. Nach der von J. DALTON 1807 aufgestellten Hypothese sind Atome die kleinsten, chemisch nicht weiter zerlegbaren Teilchen der Elemente (griech. atomos = unteilbar). Wir definieren also auf Grund neuer Erkenntnisse:

Kristalle sind feste Stoffe, deren kleinste Teilchen in gesetzmäßiger Weise angeordnet sind.

Die Minerale können wir unterteilen in

Minerale $\begin{cases} \rightarrow \text{mit ungeordnetem innerem Aufbau} = \text{amorph (gestaltlos)} \\ \rightarrow \text{mit regelmäßiger Atomanordnung} = \text{kristallin.} \end{cases}$

Für viele Sammler haben die kristallinen Minerale mit einer äußeren Körperform einen besonderen Reiz. Die prächtigen Kristallgruppen berühmter Mineralfundpunkte stehen auch in den mineralogischen und naturkundlichen Museen im Mittelpunkt des Interesses. Nicht selten wird die Frage gestellt, ob diese Flächen angeschliffen wurden. Wie es zur Bildung dieser Körper kommt, werden wir verstehen, nachdem der innere Aufbau der Kristalle etwas eingehender betrachtet wurde.

Feinbau der Kristalle

Die Mineralkörper ließen schon früh die Vermutung aufkommen, daß zwischen der Gestalt der Minerale und ihrem inneren Aufbau, ihrem Feinbau, enge Beziehungen vorhanden sind. So vertrat bereits GUGLIELMINI 1688 die Ansicht, daß die Kristalle aus einer Vielzahl winziger Materialteilchen beständen, die die gleiche Form wie der Gesamtkörper haben. Er bezeichnete sie als „letzte Teilchen der Materie bestimmter Form“. Für einen würfelförmigen Kristall, wie er uns beim Flußspat oder Bleiglanz begegnet, wurde somit angenommen, er sei aus lauter kleinen, mit gewöhnlichen Mitteln nicht wahrnehmbaren Würfelchen zusammengesetzt. Diese winzigen Würfel sollten alle Eigenschaften enthalten, die auch den sichtbaren Kristallkörper auszeichnen.

Ganz ähnliche Vorstellungen entwickelten später einige andere Gelehrte, indem sie Kristalle spalteten, die dabei entstehenden Teilchen untersuchten und daraus schlossen, daß die Kristalle aus lauter sehr kleinen Spaltkörpern aufgebaut sind. Besonders der Franzose R. J. HAUY (1784) hat diese Auffassung vertreten. Er nannte die kleinen, raumgleichen Teilchen „integrierende Moleküle“ und fand sogar eine Möglichkeit, mehrere voneinander abweichende äußere Formen eines Minerals aus einem einzigen Grundkörper aufzubauen.

Später stellte sich heraus, daß eine lückenlose Raumerfüllung der Kristalle mit einigen physikalischen Tatsachen im Widerspruch steht. Das trifft zum Beispiel auf die Elastizität der Kristalle oder auf die Fähigkeit mancher Minerale zu, Gase in sich zu speichern. Derartige Widersprüche heben sich auf, wenn die ziegelförmig aneinandergereihten Bauteilchen durch Massenpunkte ersetzt werden. Diese Betrachtungsweise, welche davon ausgeht, daß die Materie punktförmig angeordnet ist, hat L. A. SEEBER 1824 in die Mineralogie eingeführt. Er beschrieb die Massenpunkte als Mittelpunkte kugelförmiger Teilchen, die durch einen Ausgleich zwischen anziehenden und abstoßenden Kräften in einer Gleichgewichtslage verharren und auf diese Art eine regelmäßige Punktanordnung bilden. Die Kristalle sind demnach nicht lückenlos von Materie erfüllt, sondern zwischen den Massenpunkten befindet sich leerer Raum.

Da die Kristalle äußerlich als „dichte“ Körper erscheinen, war anzunehmen, daß der Abstand zwischen den einzelnen Massenpunkten im Kristall sehr klein ist. Weiterhin folgerte man richtig, die Massenpunkte müssen sich in den kristallisierten Mineralen – im Gegensatz zu den amorphen – in gesetzmäßiger Weise aneinanderreihen und ein sogenanntes *Raumgitter* bilden. Wir dürfen es als eine hervorragende Leistung betrachten, daß alle überhaupt möglichen Punktanordnungen – in der Kristallographie sprechen wir von Raumgruppen – bereits am Ende des vorigen Jahrhunderts theoretisch abgeleitet wurden (E. v. FEDOROW 1890 und A. SCHOENFLIES 1891). Es gibt 230 gesetzmäßige räumliche Punktanordnungen. Jedes kristallisierte Mineral läßt sich einer solchen Raumgruppe zuordnen.

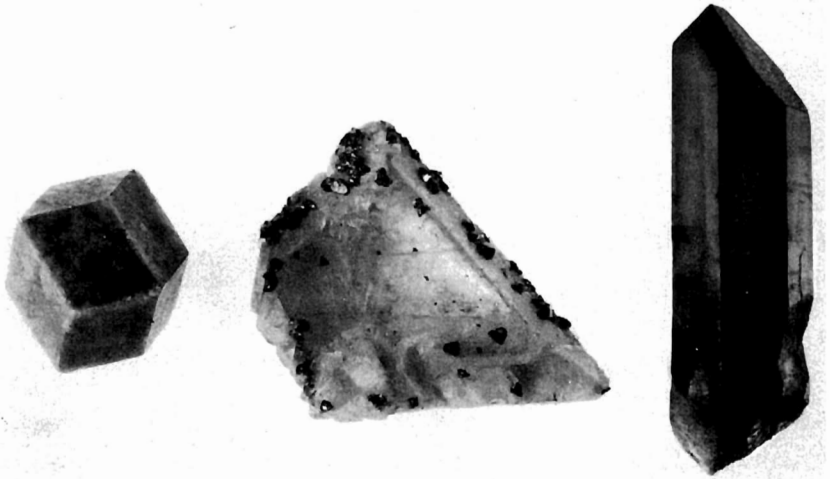
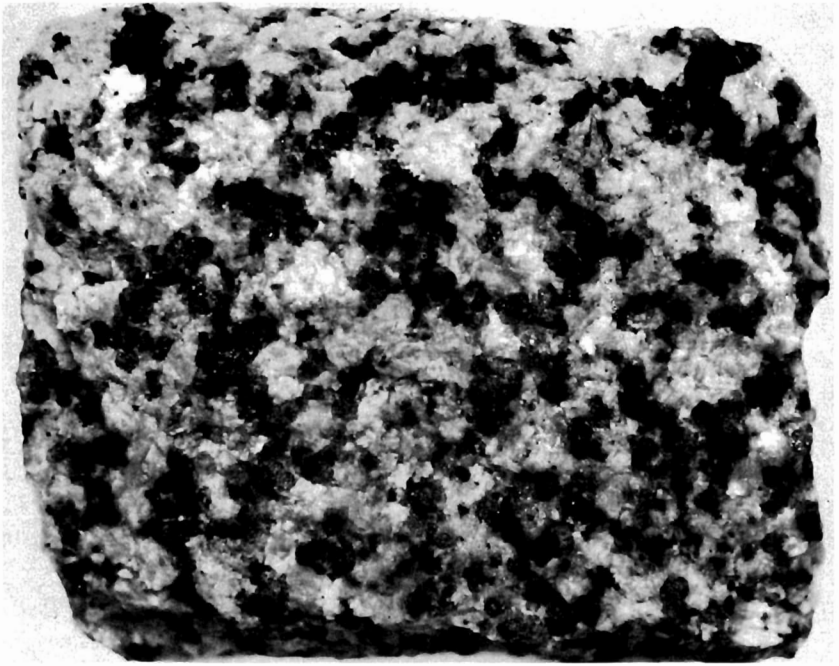


Abb. 1: Handstück eines Granits, in dem weißer Feldspat, grauer Quarz und schwarzer Biotit erkennbar sind

Abb. 18: Granat mit isometrischem, Baryt mit tafeligem und Quarz mit säuligem Habitus

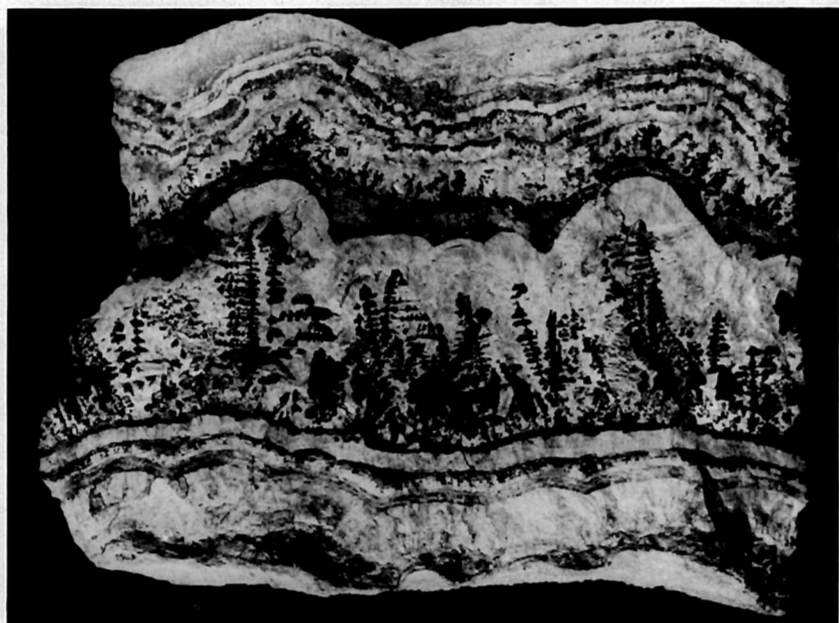


Abb. 19: Skelettförmiges Wachstum von Galenit in einem Erzgang (Freiberg/Sachs.)

Abb. 20: Drahtförmiges Wachstum von Silber (Freiberg/Sachs.)

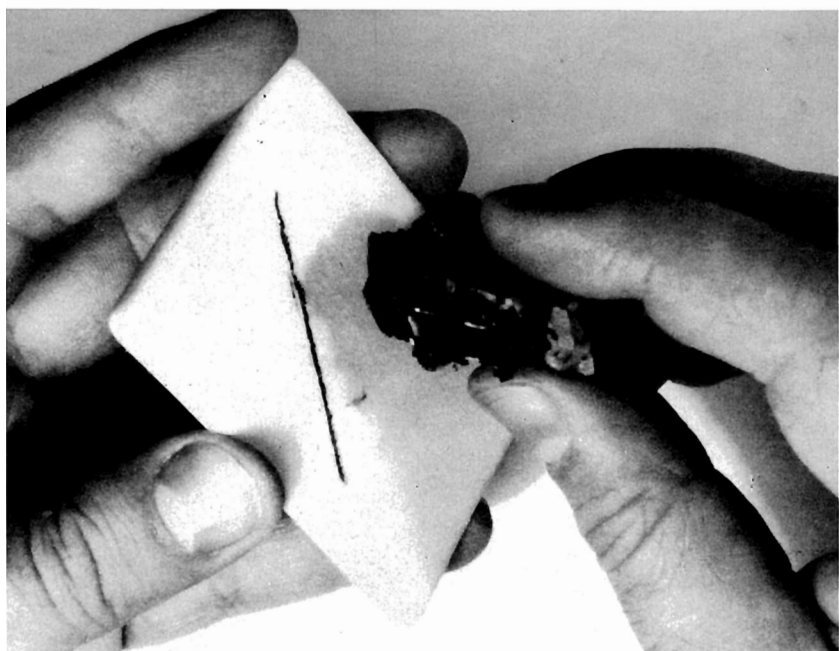


Abb. 23: Pseudomorphose von Hämatit nach Calcit

Abb. 24: Die Bestimmung des Strichs mit einer weißen, unglasierten Porzellantafel (Strichtafel)

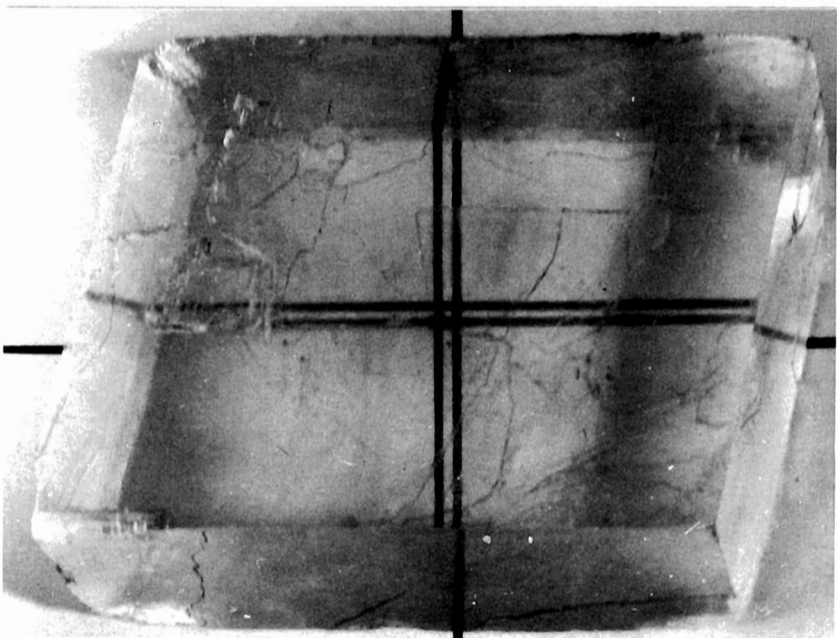
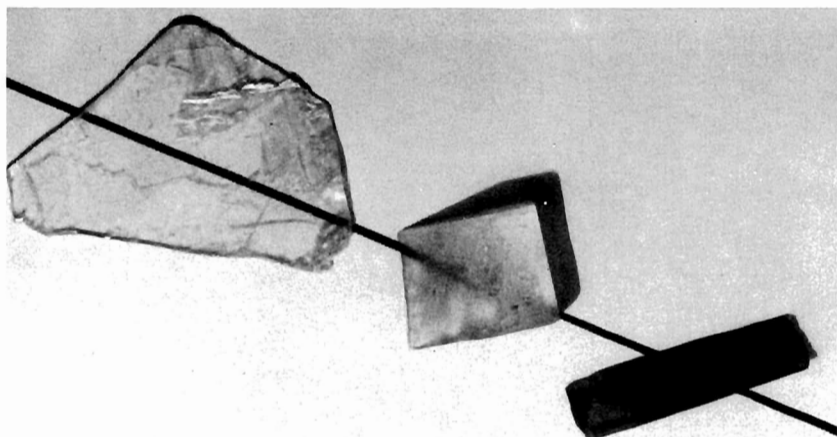


Abb. 25: Ein durchsichtiges, ein halbdurchsichtiges und ein undurchsichtiges Mineral

Abb. 26: Calcitspaltstück mit Linienverdoppelung beim Durchblick durch den Kristall (Doppelspat)

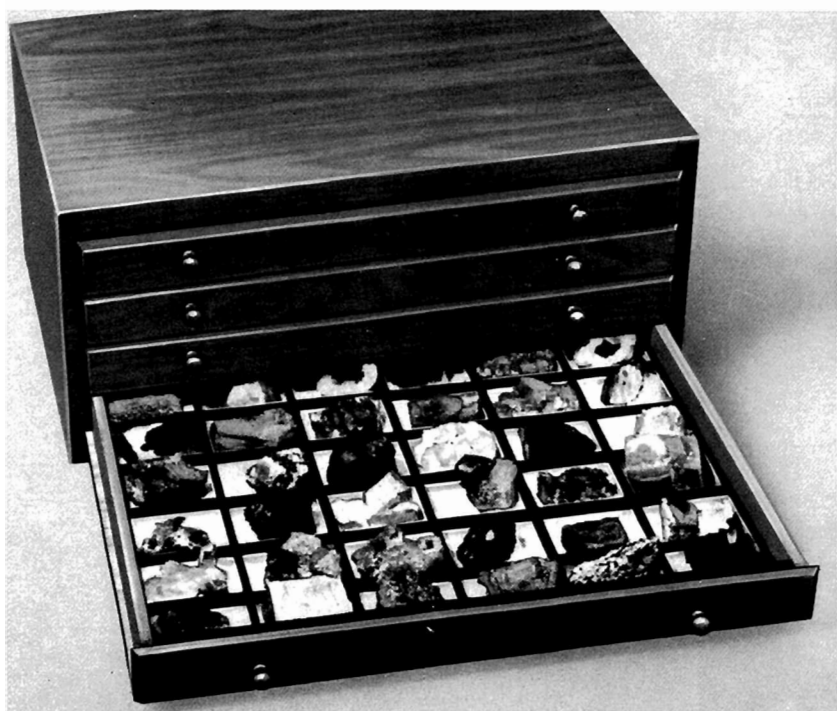
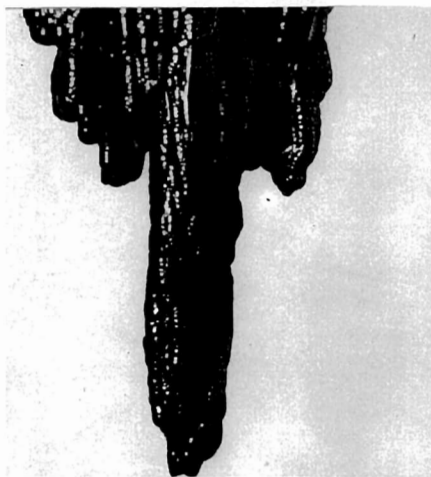
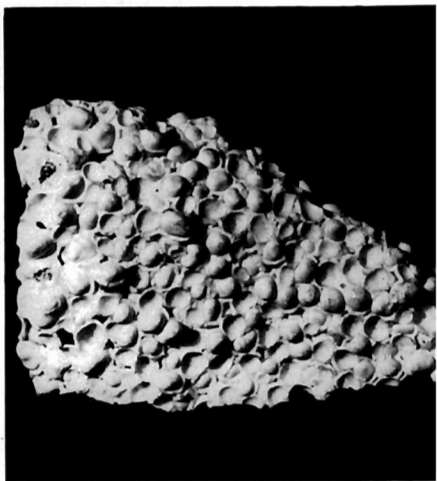
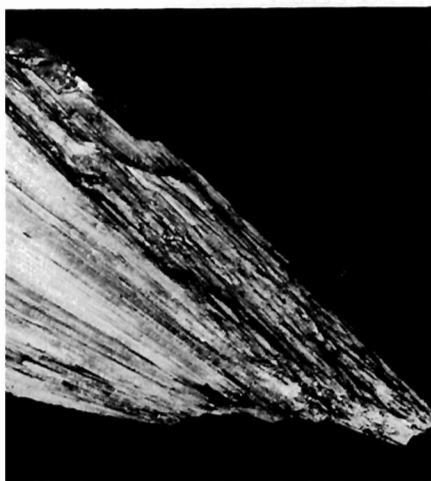
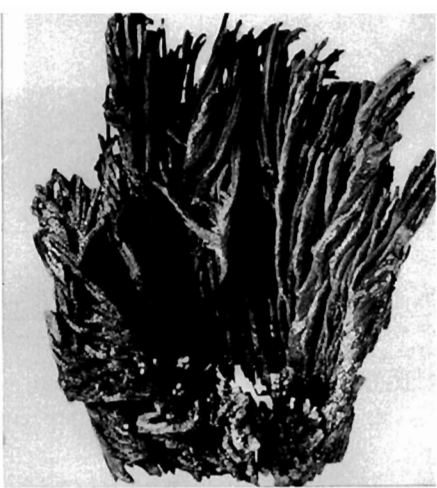
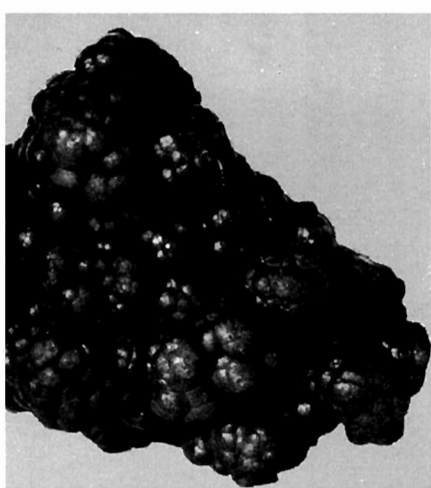
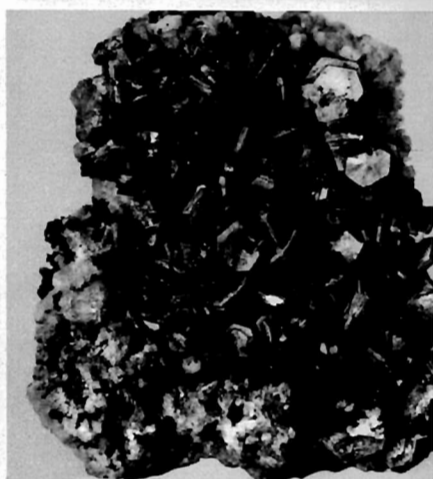
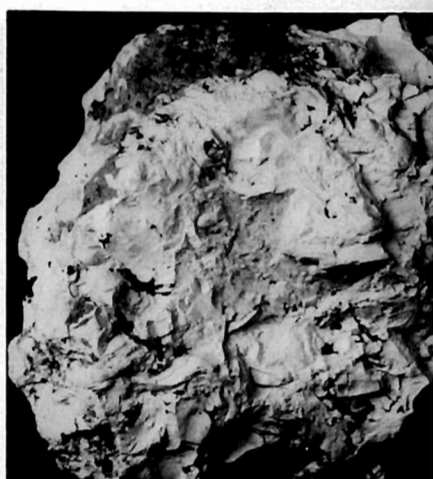
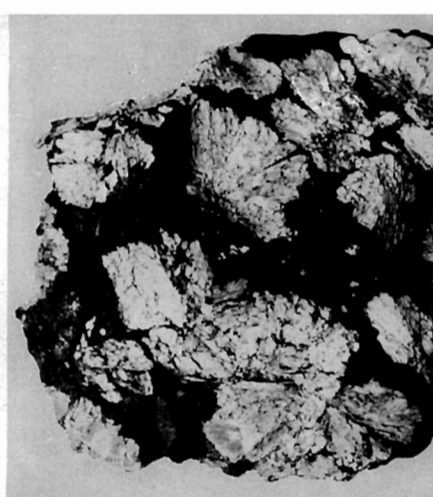


Abb. 29: Muscheliger Bruch (Steinmark von der Insel St. Helena)

Abb. 51: Einfacher Sammlungsschrank zur Aufbewahrung von Mineralen (aus ENGLISH und JENSEN)





Aggregatformen:

1 stengelig (Topas), 2 spätig (Schaumspat), 3 faserig (Asbest), 4 erdig (Kaolinit), 5 nadelig (Natrolith), 6 blättrig (Muskowit)

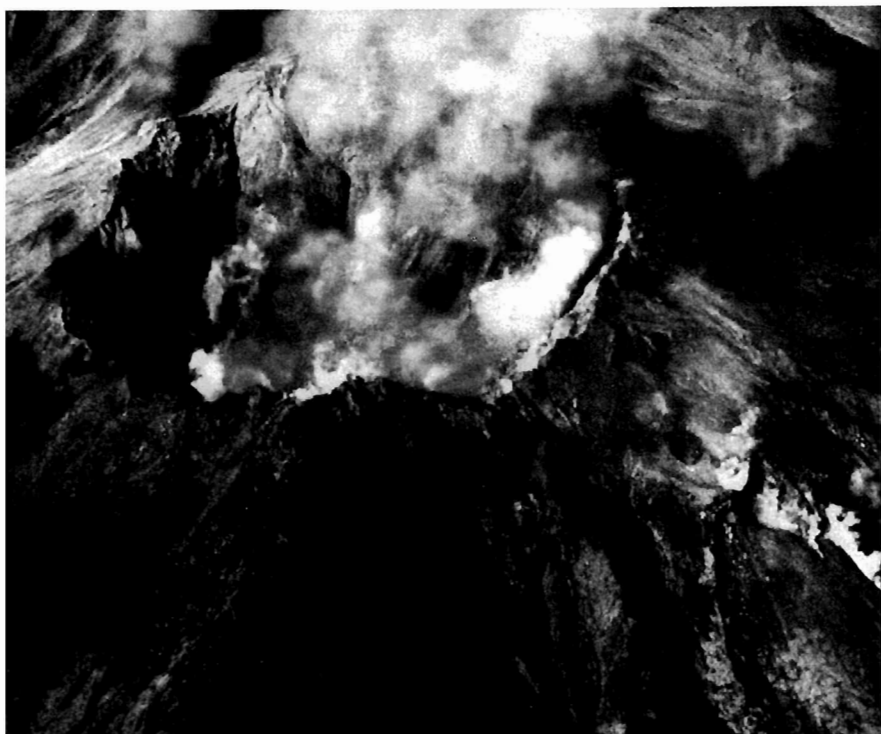


Abb. 52: Einer der gegenwärtig aktiven Vulkankrater ist der Sakurajima in Japan. Dem Krater entströmen heiße Gase, aus denen sich Minerale abscheiden. (Foto: S. W. BALLEY, siehe Textteil Mineralbildung)

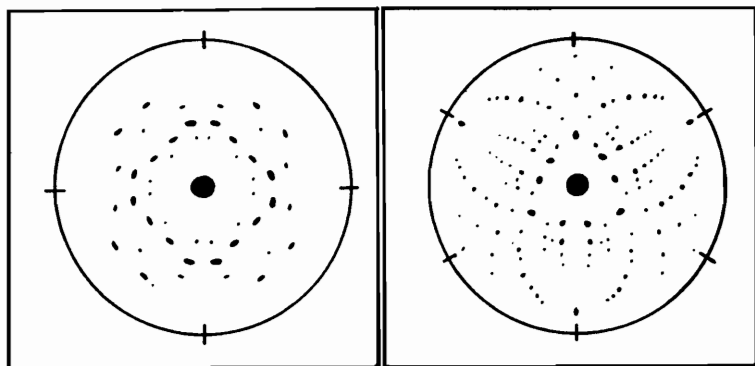
Aus der Optik wissen wir, daß das Licht beim Durchgang durch ein Gitter gebeugt wird. Ähnliche Erscheinungen durfte man erwarten, wenn raumgitterartig aufgebaute Materie mit Licht sehr kleiner Wellenlänge durchstrahlt würde. Es ist das Verdienst des Physikers M. v. LAUE, diesen Versuch 1912 angeregt zu haben. Als eine möglicherweise geeignete Strahlenart empfahlen sich für dieses physikalische Experiment, das von W. FRIEDRICH und P. KNIPPING durchgeführt wurde, die von C. W. RÖNTGEN 1895 entdeckten und später nach ihm benannten Strahlen. Von ihnen wußte man, daß sie feste Körper zu durchdringen vermögen.

Dem Experiment war ein voller Erfolg beschieden. M. v. LAUE und seine Mitarbeiter bewiesen damit den von SEEBER vermuteten gitterförmigen Bau der Kristalle. Die regelmäßige Aneinanderreihung der kleinsten Bauteilchen stand damit fest. Gleichzeitig bestätigte dieser Versuch die Wellennatur des damals noch nicht eindeutig charakterisierten Röntgenlichts. Die Röntgenstrahlen unterscheiden sich somit vom gewöhnlichen Licht nur durch ihre viel geringere Wellenlänge. Während die sichtbaren Lichtstrahlen Wellenlängen zwischen ca. 4000 und 8000 Å aufweisen ($1 \text{ Å} = 10^{-8} \text{ cm}$, diese Längeneinheit wurde nach dem schwedischen Physiker A. J. ÅNGSTRÖM benannt), haben die Röntgenstrahlen Wellenlängen von der Größenordnung 1 Å. Ihre Wellenlänge beträgt somit etwa 1/5000 der Wellenlänge des sichtbaren Lichts. Etwa gleich große Abstände haben auch die Atome im Kristallgitter.

Bei dem Versuch von M. v. LAUE wurde ein feststehender Kristall mit weißem Röntgenlicht, das sich genau wie das normale Tageslicht aus zahlreichen Wellenlängen zusammensetzt, durchstrahlt. Hinter dem Kristall – FRIEDRICH und KNIPPING verwendeten Kupfersulfatpentahydrat – befand sich eine Fotoplatte. Auf dieser Platte verursachten die gebeugten Röntgenstrahlen punktförmige Schwärzungen. Jeder Schwärzungsfleck entspricht einer Schar paralleler Ebenen von Massenpunkten des Kristallgitters (s. Abb. 2).

M. v. LAUE legte damit den Grundstein für die Erforschung der gesamten kristallisierten Materie, zu der neben der überwiegenden Zahl der Minerale fast alle festen Körper zählen. Die röntgenographische Strukturuntersuchung hat sich in der Folgezeit zu einem besonderen Zweig der Wissenschaft entwickelt. Solche Untersuchungen sind nicht auf die Mineralogie beschränkt,

Abb. 2: Beugung von Röntgenstrahlen an einem Kristallgitter. Laue-Aufnahmen ergeben ein Muster von Schwärzungsflecken, die die Kristallsymmetrie erkennen lassen



sondern sie haben in noch größerem Maße in der Physik, der Chemie, der Werkstoffkunde und in anderen Bereichen von Wissenschaft und Technik eine große Bedeutung. Viele Eigenschaften fester Körper sind durch ihren inneren Aufbau zu erklären, so daß sich aus einer bekannten Struktur auch auf ein ganz bestimmtes Verhalten schließen läßt.

Röntgenuntersuchungen von Mineralen setzen umfangreiche physikalische und kristallographische Kenntnisse voraus und können deshalb nur von Fachleuten durchgeführt werden. Für diesen Zweck hat man komplizierte und dementsprechend teure Apparaturen konstruiert. Mineralsammler werden kaum Gelegenheit haben, ihre Proben zu „röntgen“. Sie sollten indessen wissen, daß damit, besonders mit einem von DEBYE und SCHERRER ausgearbeiteten Verfahren, sämtliche Minerale anhand winziger Substanzmengen schnell und eindeutig bestimmbar sind. In einigen Fällen, so bei den sehr ähnlich beschaffenen Tonmineralen, führt vor allem die Untersuchung mit Röntgenstrahlen zur eindeutigen Zuordnung. Das Röntgendiagramm ist sozusagen die Visitenkarte eines Minerals.

Wir verdeutlichen uns den Fortschritt in der Ergründung des Feinbaues der Kristalle, indem wir die beiden Auffassungen von der Struktur der Materie einander gegenüberstellen (Abb. 3).

Links sehen wir den Aufbau des Calcits aus lauter winzigen, rhomboederförmigen Teilchen, die den Spaltkörpern dieses Minerals entsprechen, so, wie ihn sich R. J. HAUY und T. BERGMANN in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts vorstellten. Demgegenüber zeigt die rechte Seite den durch Feinstrukturanalyse nachgewiesenen tatsächlichen Aufbau des Calcits mit der Zusammensetzung CaCO_3 . Wir erkennen die von jeweils drei Sauerstoffteilchen umgebenen schwarzen Kohlenstoffatome und die dunklen Kalziumatome, die sämtlich in gesetzmäßiger Weise angeordnet sind und die den Raum – im Gegensatz zur älteren Vorstellung – nicht lückenlos ausfüllen.

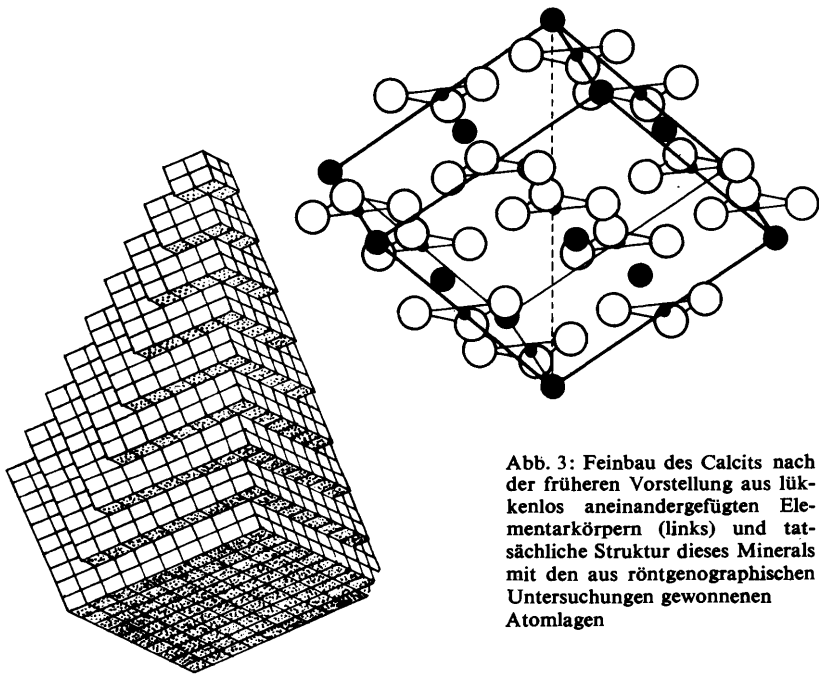


Abb. 3: Feinbau des Calcits nach der früheren Vorstellung aus lückenlos aneinandergesetzten Elementarkörpern (links) und tatsächliche Struktur dieses Minerals mit den aus röntgenographischen Untersuchungen gewonnenen Atomlagen

Der lückenhafte Aufbau der Minerale wird uns normalerweise nicht bewußt. Das ist auch nicht zu erwarten, liegen doch zum Beispiel beim Diamanten, wie TERTSCH errechnet hat, längs eines Zentimeters 65 590 196 Kohlenstoffatome nebeneinander. Erst bei milliardenfacher Vergrößerung könnten wir die einzelnen Atome wahrnehmen. Es ist aber gelungen, Gitterebenen mit einem Abstand von 12,6 hundertmillionstel cm im Elektronenmikroskop bei 2100000facher Vergrößerung direkt abzubilden.

Versetzen wir uns mit A. E. FERSMAN, einem bedeutenden Mineralogen und Geochemiker, in diese milliardenfach vergrößerte Welt der Kristalle. Er schreibt:

„Die Welt der Gegenstände würde nicht mehr existieren: alles vor uns würde auf einmal durch die gleichen feinen und endlosen Gitter ersetzt werden. Lange Reihen würden sich nicht nur in der vor uns liegenden Ebene, wie im Walde, erstrecken, sondern auch nach oben und nach unten – nach allen Richtungen hin. Und das Gitter selbst würde nicht durch Bäume, sondern durch kleine Kügelchen gebildet werden, die in der Luft, in einer Entfernung von einigen Metern oder Dezimetern voneinander, nach einer strengen Gesetzmäßigkeit hängen würden. Jede Substanz unserer Erdkugel würde sich durch besondere Gitter unterscheiden, und in dieser geheimnisvollen Welt im Raume schwebender Kügelchen würden wir nichts außer diesen Kügelchen zu unterscheiden vermögen.“

Aus der Raumgitterstruktur der Minerale läßt sich rein geometrisch erklären, daß alle unter sich parallelen Richtungen des Gitters gleichwertig sind. Alle Gitterebenen der gleichen Raumlage haben die gleiche Punktanordnung. Diese Eigenschaft der Kristalle, d. h. die Gleichartigkeit paralleler Richtungen, nennen wir Homogenität (griech. *homogenes* = von gleichem Geschlecht). Im Kristall werden die Atome in bestimmten Abständen festgehalten, während die Atome oder Atomverbände von Flüssigkeiten und Gasen frei beweglich sind. Da aber die Teilchen der Gase und Flüssigkeiten sehr schnell von Ort zu Ort wechseln, erscheinen ihre Zustandsformen in den erfaßbaren Untersuchungsbereichen (millionenfache Atomabstände) ebenfalls homogen. Wir können nur den Summationseffekt ständiger schneller Veränderungen in einem Raum wahrnehmen, der im Verhältnis zu den Teilchen unendlich groß ist. Man spricht deshalb bei Gasen und Flüssigkeiten von einer statistischen Homogenität und stellt dieser scheinbaren Gleichartigkeit die *reell homogenen* Bauverbände der Kristalle gegenüber.

Andererseits erweisen sich alle nichtparallelen Richtungen eines Kristalls als ungleichartig, d. h., in Ebenen, die im Raum nicht parallel liegen, sind die Atome ungleich angeordnet. Das wird uns sofort verständlich, wenn wir ein und dasselbe Gitter aus drei verschiedenen Blickrichtungen betrachten (Abb. 4).

Diese Eigenart der Kristalle, sich in nichtparallelen Richtungen ungleich zu verhalten, wird *Anisotropie* genannt (griech. *an* = un-, *isos* = gleich, *tropos* = Beschaffenheit). Die Abbildung 4 macht uns auf eine weitere Tatsache aufmerksam, nämlich die rhythmische Wiederholung gewisser Merkmale, die wir als Symmetrie bezeichnen. Im Bild ganz links erhalten wir bei einer Drehung von 120° um den Mittelpunkt die gleiche Kugelanordnung. Im mittleren Bild wiederholt sich die Punktanordnung bereits nach einer Drehung von 90°. Durch die Kugelanordnung im rechten Bild können wir eine Ebene so legen, daß zwei spiegelbildlich gleichartige Teile entstehen (Pfeile). Mit den Symmetrieeigenschaften werden wir uns später näher befassen.

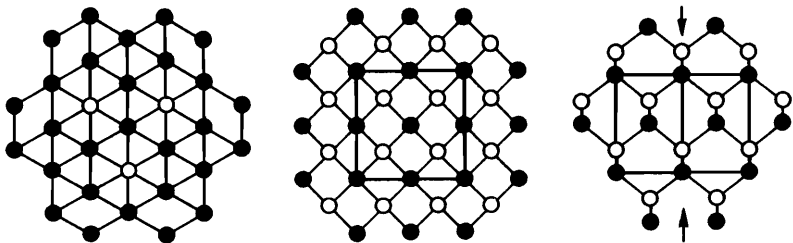


Abb. 4: Gitter eines Minerals, aus drei verschiedenen Richtungen betrachtet. Man beachte die unterschiedliche Anordnung und Beteiligung der einzelnen Atome!

Kristalle sind schließlich *Diskontinua* (lat. discontinuus = unterbrochen), denn ihr Feinaufbau ist durch die periodischen Abstände zwischen den Massenzentren charakterisiert.

Wir fassen zusammen und definieren:

Kristalle sind reell homogene, anisotrope Diskontinua

Nachdem wir das feinbauliche Prinzip der Minerale kennengelernt haben, wollen wir die Gitterbausteine und deren Anordnung etwas eingehender betrachten. Natürlich können wir uns nicht mit den Kristallgittern aller Minerale – jedes Mineral hat sein spezielles Gitter – beschäftigen. Schon bald nach der Entdeckung der Röntgeninterferenzen durch M. v. LAUE nahmen die Engländer W. H. BRAGG und W. L. BRAGG (1913/1914) die ersten Strukturbestimmungen von Steinsalz, Kupfer, Zinkblende und Diamant vor. Heute sind die Strukturen der meisten Minerale bekannt. Mineralarten, die entsprechend ihrer chemischen Zusammensetzung aus wenigen Atomsorten bestehen, haben relativ einfache Gitter, während andererseits Minerale mit komplizierter chemischer Zusammensetzung einen für den Anfänger schwer überblickbaren Verband offenbaren. Fluorit mit der Formel CaF_2 besitzt ein würfelförmiges Gitter, in welchem jedes Ca von 8 F und jedes F von 4 Ca umgeben ist. Die Zahl der einen Gitterbaustein in gleicher Entfernung und Anordnung umgebenden Bausteine nennen wir auch *Koordinationszahl*. Das stöchiometrische Verhältnis im speziellen Fall des Fluorits ergibt sich zu $\text{CaF } 4/8 = \text{CaF}_2$. Betrachten wir das Fluoritgitter genau, so sehen wir, daß sich die Ca-Atome an den Ecken und in den Flächenmitten eines Würfels befinden. Die F-Atome liegen in den Viertelkörperdiagonalen der von den Ca-Atomen eingefassten Würfel (Abb. 5). Wesentlich komplizierter ist demgegenüber das Gitter des Berylls mit der Formel $\text{Al}_2\text{Be}_3[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$. Immerhin erkennen wir den ringförmigen Aufbau und darüber hinaus auch eine regelmäßige Atomanordnung (Abb. 5).

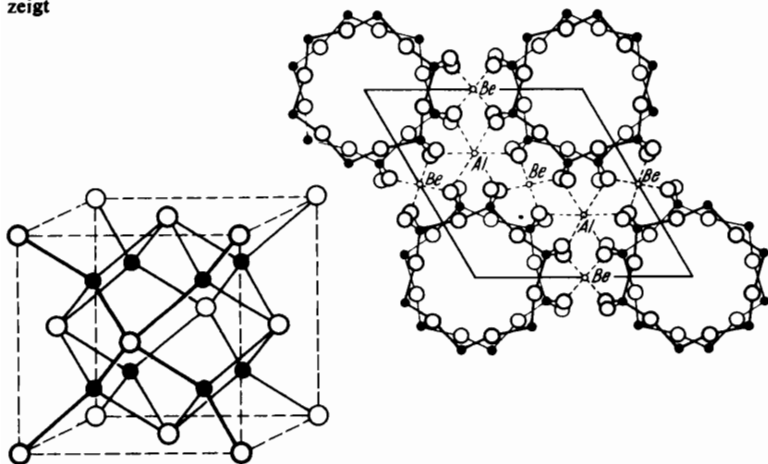
Die Kristallgitter wurden von uns bisher als Punktanordnungen aufgefaßt und die Gitterpunkte als Massenzentren beschrieben. Ist diese Darstellung mit den Erkenntnissen der Atomphysik vereinbar? Physikalisch betrachtet besteht ein Atom aus dem Kern und Elektronen. Der Kern vereinigt in sich fast die gesamte Masse eines Atoms. Er hat einen winzigen Durchmesser von etwa 1 billionstel $\text{cm} = 10^{-4} \text{ \AA}$, ist also für unsere Begriffe tatsächlich ein punktförmiges Gebilde. Mit voller Berechtigung läßt sich behaupten, daß fast die gesamte Materie im Kristall punktförmig verteilt ist. Die übliche Darstellung der Kristallgitter trägt dieser Tatsache Rechnung.

Um den Atomkern bewegen sich mit sehr großer Geschwindigkeit, den Raum gleichsam ausfüllend, die Elektronen auf mehr oder weniger kreisförmigen

Bahnen. Da ein Elektron nur $1/1836$ der Masse des leichtesten Atomkerns besitzt, läßt sich seine Masse praktisch vernachlässigen. Die Elektronen, das wissen wir aus der Physik und der Chemie, sind negativ geladene Teilchen. Sie kreisen so schnell, daß sie scheinbar eine Hülle um den Atomkern bilden. Um die Entfernung des Elektrons vom Atomkern zu veranschaulichen, stellen wir uns vor, ein Atomkern habe Erbsengröße (5 mm). Dann kreist das Elektron in einem Abstand von 250 m um ihn. Wir müßten also einen Raum haben, der 500 m lang, 500 m breit und 500 m hoch ist. Jeden Atomkern umgibt eine Hülle schnell kreisender Elektronen. Der Halbmesser der Elektronenhülle ist der Wirkungsradius und damit zugleich ein Maß für den Raumbedarf des Atoms. Etwas vereinfacht können wir die Atome als kugelförmige Gebilde betrachten, so daß die Kristalle auch als Kugelpackungen aufzufassen sind (Abb. 6).

Die Atome sind aber keine starren Kugeln, sondern vielmehr mit elastischen Bällen vergleichbar. Ihre Größe hängt für ein und dieselbe Atomsorte von der Zahl der gleichwertigen Nachbaratome ab (Koordinationszahl). In den meisten Tabellen der chemischen Elemente wird der Atomradius eines Elements für die Koordinationszahl 12 angegeben, d. h. ein Atom ist in diesem Falle von 12 gleichartigen Atomen, deren Kerne wir uns in den Kantenmitten der zwölf Würfelkanten vorstellen können, regelmäßig umgeben. Der Atomradius wird etwas kleiner, wenn statt der zwölf nächsten Nachbarn nur noch acht oder weniger auftreten. Der Wirkungsradius eines Atoms verändert sich ferner, wenn aus der Elektronenwolke, die den Atomkern umgibt, Elektronen verschwinden oder wenn zusätzliche Elektronen in diese Wolke gelangen. Durch diesen Vorgang wird die elektrische Neutralität des Atoms aufgehoben, denn die Zahl der Elektronen stimmt nun nicht mehr überein mit der Zahl der positiv geladenen Teilchen, der Protonen, die sich neben den elektrisch neutralen Neutronen im Atomkern befinden. Die Atome tragen jetzt positive oder negative Ladung und heißen Ionen. Ionen mit positiver Ladung nennen

Abb. 5: Die Raumgitter von Fluorit CaF_2 und Beryll $\text{Al}_2\text{Be}_3[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$. Fluorit (links) bildet ein einfaches Gitter mit würfeligem Aufbau; Beryll (rechts) weist eine komplizierte Ringstruktur auf, wie uns ein Blick aus einer bestimmten Richtung zeigt



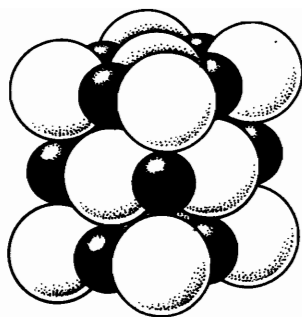
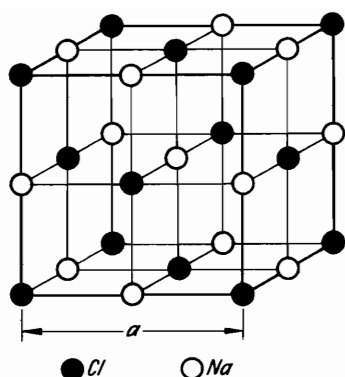


Abb. 6.: Links Elementarzelle des Halits NaCl mit der Anordnung der Natrium- und Chlorionen. Die Kantenlänge des würfelförmigen Steinsalz-Elementargitters beträgt $a_0 = 5,64 \text{ \AA}$. Rechts die gleiche Zelle, dargestellt als Kugelpackung. Die großen Kugeln stellen die Chlorionen, die kleinen die Natriumionen dar

wir Kationen, solche mit negativer Ladung Anionen. Sind die Gitterbausteine derartige Ionen, dann sprechen wir nicht mehr vom Atomradius, sondern folgerichtig vom Ionenradius.

Die Größe der Atom- und Ionenradien wirkt sich entscheidend auf die Anordnung der Elemente im Kristall aus. Im einfachsten Falle besteht ein Mineral nur aus einem einzigen Element; wir können auch sagen, aus einer einzigen Kugelsorte. Es entstehen dann meist sehr einfache Kugelpackungen. Beim Kupfer z. B. befinden sich die Mittelpunkte (Atomkerne) der Atomkugeln mit dem Radius $1,28 \text{ \AA}$ in den Eckpunkten und den Flächenmitten eines Würfels. Kupfer hat eine würfelförmige Struktur. Verhältnismäßig unkompliziert ist auch die Struktur des Halits mit der einfachen chemischen Zusammensetzung NaCl (Abb. 6). Hier wechseln positiv geladene Natriumionen (Kationen) und negativ geladene Chloridionen (Anionen) regelmäßig miteinander ab. Halit baut ein würfelförmiges Gitter aus kleinen Natriumkugeln mit dem Ionenradius $\text{Na}^+ = 0,98 \text{ \AA}$ und großen Chlorkugeln mit dem Ionenradius $\text{Cl}^- = 1,181 \text{ \AA}$ auf. Wie beim Kupfergitter besetzen auch im Halitgitter jeweils 14 gleichartige Atome die Eckpunkte und die Flächenmitten eines Würfels. Der Unterschied besteht darin, daß Kupfer ein einfaches Gitter aus Cu-Atomen aufweist, während beim Halit zwei Gitter ineinandergestellt sind; eines dieser Gitter ist von Natriumionen und das andere von Chlorionen besetzt. Beide Gitter, die zusammen das Halitgitter bilden, sind um den Betrag $a/2$ versetzt (a ist die Kantenlänge des Elementargitters).

Da sich im Raumgitter der Kristalle gleiche Punktanordnungen periodisch wiederholen, genügt es, einen charakteristischen Gitterausschnitt zu betrachten und zu untersuchen. Diesen Ausschnitt nennen wir *Elementarzelle*. Die Elementarzelle ist der kleinste Bereich eines Gitters, der den Aufbau des gesamten Kristalls noch eindeutig erkennen läßt. Aus der Atomanordnung in dieser Elementarzelle läßt sich die chemische Zusammensetzung des Minerals ableiten. Wir können auch sagen, daß ein Kristallgitter durch regelmäßiges Versetzen der Elementarzelle nach den drei Richtungen des Raumes so zustande kommt, wie aus einzelnen Ziegelsteinen ein

Sockel errichtet wird. Die Abmessungen der Elementarzelle eines Minerals sind durch die oben beschriebene Untersuchung mit Röntgenlicht bestimmbar. Auch die Lage der einzelnen Atome in einer derartigen Zelle kann, wenngleich in komplizierterer Weise, festgestellt werden.

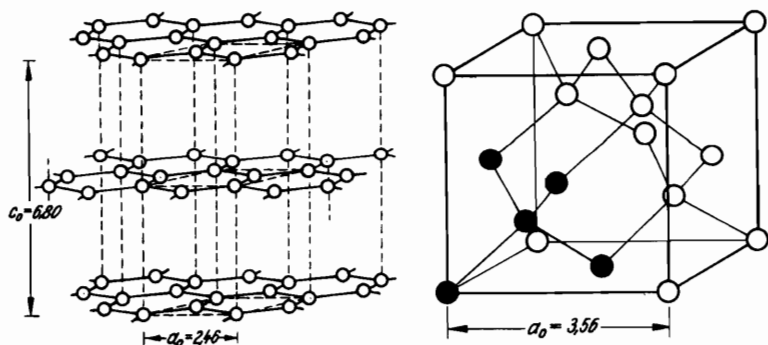
Die Elementarzelle des Halits sieht man auf Abbildung 6.

Die gleiche Anordnung, wie sie im Halit die Natrium- und Chlorionen aufweisen, können auch andere Atomsorten haben. Im gleichen *Strukturtypus* kristallisiert z. B. der Bleiglanz PbS. Natrium ist gegen Blei und Chlor gegen Schwefel ausgetauscht. Auch viele andere chemische Verbindungen bauen dieses Gitter auf. In diesen Fällen sprechen wir von *Isotypie* (griech. isos = gleich, also gleicher Strukturtyp). Verändert hat sich dann nur die Größe der Elementarzelle, die ja von der Größe der Atome oder Ionen bzw. deren Wirkungsradius bestimmt wird. Beim Halit NaCl beträgt die Kantenlänge des Elementarwürfels $a_0 = 5,64 \text{ \AA}$ und beim Galenit $a_0 = 5,94 \text{ \AA}$.

In welcher Weise sich die Atome und Ionen im Gitter anordnen, hängt außer von ihren Wirkungsradien noch von den „äußeren Bedingungen“ während der Kristallbildung ab. Von Bedeutung sind vor allem Temperatur und Druck. In ein und derselben chemischen Verbindung – oder auch ein und demselben chemischen Element – können die Atome verschieden angeordnet sein. Ein recht gutes Beispiel für diese Erscheinung bieten die Kohlenstoffatome. Gewöhnlich treten sie zu einem sechsseitigen, wabenförmigen Verband zusammen und bilden mit dieser Struktur den Graphit (Abb. 7).

Bei sehr hohen Drücken und Temperaturen kommt es zu einem ganz anderen Bild: Jedes Kohlenstoffatom ist von vier Nachbaratomen umgeben, ihre Schwerpunkte bilden ein Tetraeder (Abb. 7). Im Gitter des seltenen und wertvollen Diamanten sind die Kohlenstoffatome in dieser Weise angeordnet. Die unterschiedliche Struktur des Kohlenstoffs ist auf die gänzlich anderen Druck-Temperatur-Bedingungen bei der Kristallisation zurückzuführen, und sie erklärt die wesentlich voneinander abweichenden Eigenschaften der beiden Minerale. Nicht wenige Bestandteile der Erdkruste bauen zwei oder mehr räumliche Verbände auf. Wir sprechen in diesem Fall von *dimorphen* bzw. *polymorphen* Substanzen (griech. dis = zweimal, poly = viel, morphe = Gestalt). Die Substanz SiO_2 bildet zum Beispiel eine amorphe und 8 kristalline Formarten. Die verschiedenen Formen entstehen innerhalb bestimmter

Abb. 7: Die Anordnung der Kohlenstoffatome im Graphitgitter (links) und im Diamantgitter (rechts). Im Diamantgitter ist die tetraedrische Anordnung (Koordinationszahl 4) um ein zentrales Kohlenstoffatom durch schwarze Punkte verdeutlicht



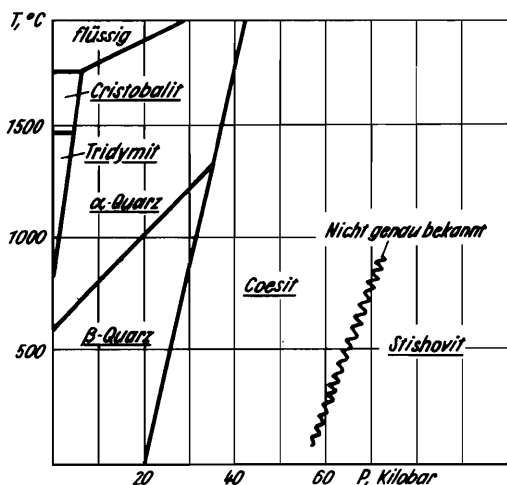


Abb. 8:
Die Stabilitätsbereiche
der Formarten
von SiO₂
(nach W. S. FYFE;
etwas vereinfacht)

Temperatur-Druck-Bereiche, wie aus der Abbildung 8 ersichtlich ist. Zum Beispiel entsteht bei 500 °C und einem Druck von 10 Kilobar β -Quarz als stabile Modifikation. Steigt bei gleichbleibender Temperatur der Druck über 25 Kilobar an, dann bildet sich anstelle von β -Quarz Coesit. Wenn der bei Temperaturen über 573 °C entstandene „Hochquarz“ in den Bereich niedrigerer Temperatur gelangt, wird sofort „Tiefquarz“ daraus mit einer nur wenig abweichenden Atomanordnung. Aber nicht immer verändert sich beim Überschreiten von Stabilitätsgrenzen die Form des Gitters. Die Substanz liegt dann in einer metastabilen Form vor. Wäre das nicht möglich, dann könnten unter den normalen Druck-Temperatur-Bedingungen Stishovit und Coesit nicht auftreten, sondern sie müßten sich in β -Quarz verwandelt haben. Stishovit und Coesit wurden bei Laboratoriumsversuchen entdeckt. In der Erdrinde entstehen die beiden Stoffe nur unter extremen Druckbedingungen, wie sie in der Umgebung von Meteoriteneinschlägen kurzzeitig herrschen. In der Tat sind diese Minerale, zuerst Coesit in dem großen Meteoritenkrater in Arizona, gefunden worden.

Die bei hohen Drücken entstandenen Minerale haben in der Regel eine dichtere Atompackung und damit größere Dichtewerte. Quarz hat die Dichte 2,654, Coesit 3,01 und Stishovit 4,28 g/cm³.

Damit wollen wir die Ausführungen über den Feinbau der Kristalle abschließen und noch einmal darauf hinweisen, daß die Atomanordnung im Kristallgitter die Eigenschaften der Minerale weitgehend bestimmt, sei es nun die Flächenentwicklung, die Dichte und Härte oder das Verhalten gegenüber dem Licht usw.

Gestalt der Kristalle

Wenn sich der Feinbau der Minerale nur mit komplizierten physikalischen Instrumenten nachweisen läßt, so sind andererseits wichtige geometrische Gesetzmäßigkeiten aus den Körperformen der Kristalle erschließbar. Die

richtige Bestimmung der Kristalle, wie sie uns in vielen Sammlungsstufen begegnen, setzt voraus, daß wir die kristallographischen Grundgesetze kennen. Diese Gesetze ergeben sich aus der Gitternatur der Materie, wenngleich sie bereits lange vor deren Nachweis erkannt wurden.

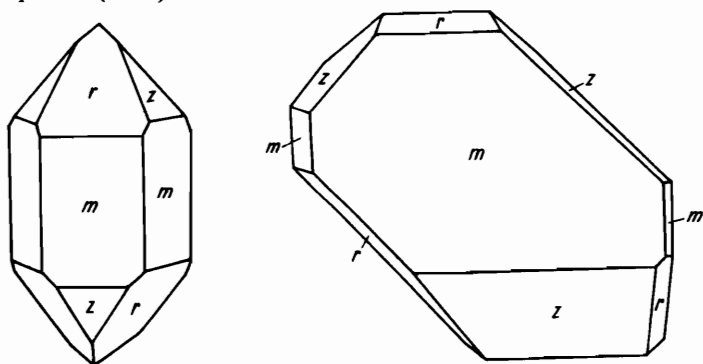
Gesetz der Winkelkonstanz

Beim Studium der Kristallformen von Quarz erkannte der dänische Arzt und Naturforscher Niels STENSEN (lat. Nicolaus Stenonius, 1638–1686), daß der Winkel zwischen analogen Flächen immer der gleiche ist, und zwar unabhängig davon, wie die Flächen ausgebildet sind. Man bezeichnet diese Tatsache als „*Gesetz der Winkelkonstanz*“. Das Gesetz ist deshalb besonders wichtig, weil nur wenige Kristalle in ihrer *idealen Gestalt* erscheinen, bei der alle gleichwertigen Flächen die gleiche Entfernung vom Mittelpunkt des Kristallkörpers haben. Gewöhnlich wächst der Kristall ungleichmäßig, und die einander entsprechenden Flächen bilden sich daher verschieden aus. Sie weichen nicht nur in der Größe, sondern oft auch in der Umgrenzung voneinander ab. Die meisten Mineralkörper sind „*verzerrt*“. Indem man gedanklich die Flächen parallel verschiebt, läßt sich die ideale Kristallgestalt theoretisch rekonstruieren. Der Grad der Verzerrung kann sehr unterschiedlich sein, wie Abbildung 9 zeigt.

Gleichwertige Flächen sind mit den gleichen Buchstaben (*m, r, z*) versehen. Entscheidend ist es nun, daß die Winkel zwischen einander entsprechenden Flächen *bei ein und derselben Mineralart* immer die gleiche Größe aufweisen, unabhängig von der Flächenentwicklung. Der Winkel zwischen den beiden Flächen *m* und *r* des Quarzes ist konstant, obgleich die Flächen, wie unser Beispiel zeigt, eine ganz verschiedene Größe und Umgrenzung haben können.

Die Flächenwinkel sind wichtige Mineralkonstanten und in entsprechenden Winkeltabellen zusammengefaßt. Sie ermöglichen es, Mineralarten zu identifizieren. Man mißt diese Winkel mit feinmechanisch-optischen Präzisionsinstrumenten, den sogenannten *Reflexionsgoniometern*. Mitunter genügt ein einfaches *Anleggoniometer*, dessen Genauigkeit aber nur etwa 1° beträgt. Es läßt sich verwenden, wenn man die Flächenwinkel von Kristallen vergleichen will.

Abb. 9: Idealgestalt eines Quarzkristalls und verzerrte Ausbildung der gleichen Körperform (rechts)



Man sollte sich darin üben, die natürlichen Kristallformen auf die jeweilige Idealgestalt zurückzuführen, d. h. auf die Gestalt, die bei ganz gleichmäßigem Wachstum entstanden wäre. Erst dann ist man in der Lage, die Kristallform als ein wichtiges Kennzeichen der Minerale bei deren Bestimmung heranzuziehen. Auch die Feststellung der Symmetrieeigenschaften, die ebenfalls dazu beiträgt, ein Mineral zu bestimmen, setzt die gedankliche „Entzerrung“ der Minerale voraus.

Das Gesetz der Winkelkonstanz wurde vorübergehend in Frage gestellt, als E. MITSCHERLICH (1819) behauptete, daß verschiedene chemische Verbindungen die gleiche Kristallgestalt aufweisen – eine Erscheinung, die man als *Isomorphie* (Gleichgestaltigkeit) bezeichnete. Genaue Untersuchungen ergaben jedoch, daß eine Gleichgestaltigkeit strenggenommen nicht vorliegt. Die Flächenwinkel – üblicherweise mißt man die Winkel zwischen den auf den Flächen errichteten Loten (Flächennormalen) – unterscheiden sich allerdings bei den Mineralen einer isomorphen Reihe nur geringfügig. Die Unterschiede sind oft so klein, daß sie nur durch Kristallvermessung mit einem Reflexionsgoniometer erkannt werden.

Minerale einer isomorphen Reihe

Mineral	chemische Formel	Flächennormalenwinkel zwischen den Rhomboederflächen
Calcit	CaCO_3	$101^\circ 55'$
Siderit	FeCO_3	$103^\circ 05'$
Smithsonit	ZnCO_3	$103^\circ 30'$
Rhodochrosit	MnCO_3	$102^\circ 50'$
Nitronatrit	NaNO_3	$102^\circ 40'$

Ähnliche Gestalt haben vor allem Minerale, die chemisch ähnlich zusammengesetzt sind, wie die Tabelle zeigt: Die hier angeführten Karbonate kristallisieren in der Gestalt von Rhomboedern. Der Winkelunterschied der Rhomboeder ist zu gering, als daß man ihn mit bloßem Auge erfassen könnte. Jedes Karbonat hat seinen typischen Winkel. Aber auch Nitronatrit kristallisiert in Rhomboederform und gehört somit trotz anderer Zusammensetzung zur gleichen isomorphen Reihe. Seine Gestalt weicht nur ganz minimal von der des Rhodochrosits ab; das kommt in dem geringen Unterschied der Winkel zum Ausdruck. Das Gesetz der Winkelkonstanz gilt nach wie vor.

Rationalitätsgesetz und Flächenbezeichnung

Beim Kristallisieren eines Stoffes bildet sich zuerst ein Kristallkeim, an dem sich die Bauteilchen in gesetzmäßiger Weise anlagern. Das Mineral wächst dabei in nichtparallelen Richtungen unterschiedlich schnell und ist bestrebt, nur solche Flächen auszubilden, die möglichst dicht mit Atomen bzw. Ionen besetzt sind. Aus diesem Grund ist die Zahl der an einem Mineral vorhandenen Flächen meist gering, wobei wir noch berücksichtigen müssen, daß Flächen mit gleichartiger Belegung zu einer einzigen Flächenform gehören.

Den Vorgang des Kristallwachstums können wir beobachten, wenn wir eine konzentrierte Kochsalzlösung über längere Zeit stehen lassen. Es bilden sich Steinsalzwürfel, die mit der Zeit größer werden. Die Kristalle müssen in Richtung der Ecken und Kanten schneller gewachsen sein als in Richtung

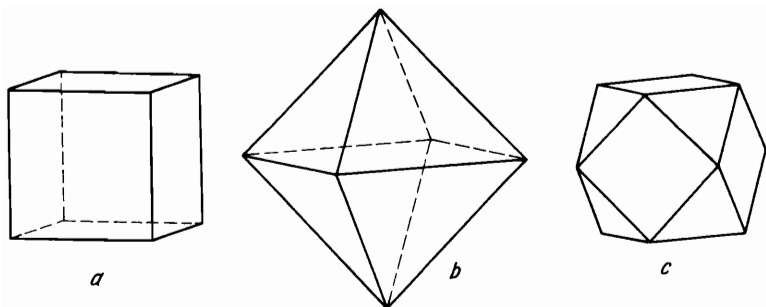


Abb. 10. Einfache Formen und Kombination. a = Würfel, b = Oktaeder, c = Kombination von Würfel und Oktaeder

der Flächen. Andernfalls, bei völlig gleichmäßiger Stoffanlagerung, hätten wir als Wachstumskörper eine Kugel erhalten. Diese Gestalt ist mit der Anisotropie der Kristalle nicht vereinbar. In allen Würfelflächen der Steinsalzkrystalle herrscht die gleiche Ionenanordnung (s. Abb. 6, S. 30). Die sechs Würfelflächen gehören demnach zu einer einzigen Form. Nicht selten sind an ein und demselben Mineral mehrere „einfache“ Formen ausgebildet. So beobachten wir zum Beispiel das gleichzeitige Auftreten von Würfel- und Oktaederflächen (Abb. 10). Wir sprechen dann von einer Kombination, bei der diese oder jene Form vorherrschen kann.

Berücksichtigen wir, daß an manchen Mineralkörpern mehrere Formen kombiniert sind, diese Formen darüber hinaus in unterschiedlichem Maße verzerrt sein können, dann erklären sich daraus manche Schwierigkeiten, die bei der Mineralbestimmung nach der äußeren Form auftreten. Auf der anderen Seite ist es möglich, anhand der Formen in Verbindung mit der Feststellung der Symmetrieeigenschaften eine Ordnung in die Vielfalt der Kristallkörper zu bringen. Deshalb müssen wir uns mit der Kristallgeometrie befassen.

Wie läßt sich eine Kristallfläche einer bestimmten Form, die ja unterschiedlich entwickelt sein kann, am besten „festlegen“? Das geschieht sehr einfach, indem wir ermitteln, in welcher Entfernung diese Fläche die einzelnen Arme eines Achsenkreuzes schneidet (Abb. 11, S. 36), wobei wir die nach vorn, d. h. zum Betrachter, weisende Achse als a -Achse, die nach rechts gerichtete als b -Achse und die nach oben sich erstreckende als c -Achse bezeichnen. Die Strecken auf den Achsen vom Mittelpunkt des Achsenkreuzes bis zum Schnittpunkt durch die Fläche nennen wir Achsenabschnitte oder Parameter. Nun interessiert uns aber nur die Lage der Fläche im Raum, d. h. in bezug auf das Achsenkreuz, nicht aber ihre größere oder kleinere Entfernung vom Mittelpunkt des Kreuzes. Daher ist für die Kristallkunde nicht die Länge der einzelnen Streckenabschnitte an sich von Bedeutung, sondern lediglich, in welchem Zahlenverhältnis diese Abschnitte zueinander stehen. Das im allgemeinen irrationale Verhältnis ändert sich nicht, wenn wir die drei Zahlen mit einem beliebigen Faktor multiplizieren oder durch irgendeine Zahl teilen. Es hat sich als vorteilhaft erwiesen, die drei Werte durch einen Wert des Parameters auf der b -Achse zu teilen. Der Abschnitt auf der b -Achse wird also gleich 1 gesetzt. Durch diesen kleinen Kniff erhalten wir die gleichen Zahlenwerte für alle Flächen *gleicher Raumlage*, die verschiedene Größe und Umgrenzung aufweisen und das Achsenkreuz in unterschiedlicher Entfernung schneiden können.

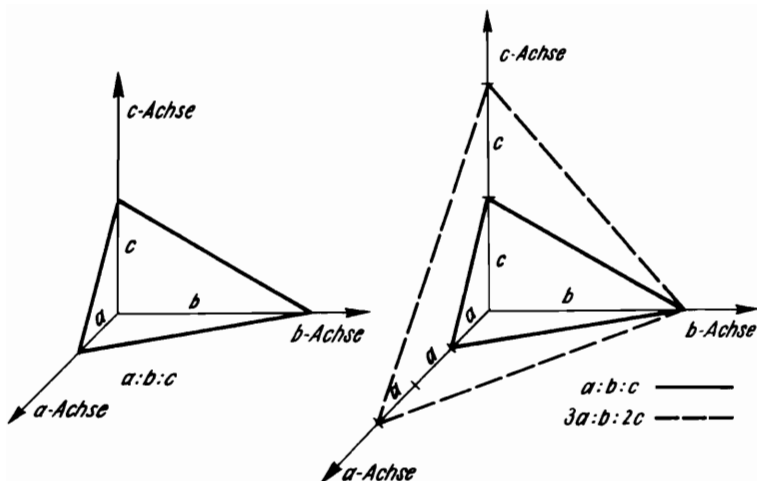


Abb. 11: Das Achsenabschnittsverhältnis und das Rationalitätsgesetz (rechts)

Beispiel:

Das Achsenabschnittsverhältnis einer Fläche, die die *a*-Achse in 1,2347 cm, die *b*-Achse in 1,6843 cm und die *c*-Achse in 2,7331 cm Abstand schneidet, errechnet sich wie folgt:

$$a : b : c = \frac{1,2347}{1,6843} : \frac{1,6843}{1,6843} : \frac{2,7331}{1,6843} = 0,7331 : 1 : 1,6227.$$

Das Achsenabschnitts- oder Parameterverhältnis ist eine wichtige kristallographische Konstante. Jedes Mineral hat sein bestimmtes Parameterverhältnis.

Die Flächenform, die der Bestimmung des Verhältnisses zugrunde liegt, nennen wir die *Grundform*. Außer dieser Grundform können auch andere Flächen ausgebildet sein. Die Lage dieser Flächen zur Grundform ist nicht beliebig, sondern es besteht eine durch den Feinbau der Kristalle vorgezeichnete Gesetzmäßigkeit:

Alle übrigen an einem Kristall ausgebildeten Flächen lassen sich darstellen durch das Verhältnis

$$ma : nb : pc,$$

wobei die Größen *m*, *n* und *p* ganze, meist einfache Zahlen oder rationale Brüche sind.

Die Größen *m*, *n* und *p* nennen wir Parameterkoeffizienten, und da sie im Verhältnis rationaler Zahlen zueinander stehen, sprechen wir vom Gesetz der rationalen Achsenabschnittsverhältnisse oder kurz „*Rationalitätsgesetz*“. Wir verdeutlichen uns diese Gesetzmäßigkeit anhand der Abbildung 11. Aus den einzelnen Streckenabschnitten, welche die Fläche im linken Bild schneidet, ergibt sich deren Achsen- oder Parameterverhältnis. Im rechten Bild haben wir neben der Grundform eine zweite Fläche mit einer anderen Raumlage, die wir durch Parallelverschiebung so orientiert haben, daß sie die Achse *b*

in der gleichen Entfernung wie die Grundform schneidet. Sie trifft dann die beiden anderen Achsen in der dreifachen bzw. doppelten Entfernung.

Die beiden Verhältnisse lauten:

für die Fläche der Grundform $a : b : c$ und

für die andere Fläche $3a : b : 2c$.

Das Rationalitätsgesetz ermöglicht es uns, die an einem Mineral entwickelten Flächen durch die Angabe ihrer Parameterkoeffizienten zu charakterisieren. In unserem Fall erhält die Grundform die Bezeichnung $1 : 1 : 1$ und die zweite Fläche das Symbol $3 : 1 : 2$. Für die Grundform lauten die Koeffizienten $m = n = p = 1$. Wenn eine Fläche eine oder zwei Achsen nicht schneidet, sondern parallel dazu verläuft, schreiben wir dafür das Symbol ∞ (d. h. unendlich). Die Vorderfläche eines Würfels, die nur die a -Achse schneidet, während sie zur b - und c -Achse parallel verläuft, erhält demnach das Symbol $1 : \infty : \infty$.

Da es etwas umständlich ist, Kristallflächen in solcher Weise zu bezeichnen, wird in der Praxis ein anderer Weg eingeschlagen. Man bildet die reziproken Werte der soeben abgeleiteten Symbole und drückt deren Verhältnis zueinander in ganzen Zahlen aus. Diese Zahlen – in Klammern gesetzt und ohne das Verhältniszeichen geschrieben – heißen nach einem englischen Mineralogen, der sie in seinen Schriften verbreitete, *MILLERSche Indizes*. Mit ihrer Hilfe läßt sich jede Kristallfläche in sehr einfacher Weise kennzeichnen. Für unsere beiden Flächen erhalten wir zum Beispiel:

für die Fläche der Grundform

$$a : b : c = \frac{1}{1} : \frac{1}{1} : \frac{1}{1} = (111)$$

und für die zweite Fläche

$$3a : b : 2c = \frac{1}{3} : \frac{1}{1} : \frac{1}{2} = \frac{2}{6} : \frac{6}{6} : \frac{3}{6} = 2 : 6 : 3 = (263).$$

Damit haben wir das „Geheimnis“ der Kristallflächenbezeichnung kennengelernt. Die MILLERSchen Indizes werden natürlich erst richtig verstanden, wenn man sich darin übt, diese Indizes für ganz bestimmte Flächenanlagen abzuleiten.

Die allgemeine Ableitung der MILLERSchen Indizes läßt sich folgendermaßen formulieren:

Aus dem Parameterverhältnis $ma : nb : pc$ bilden wir das Verhältnis der reziproken Werte der Koeffizienten m , n und p , also

$$\frac{1}{m} : \frac{1}{n} : \frac{1}{p}$$

und bringen dieses Verhältnis auf ganze, teilerfremde Zahlen. Diese Zahlen, in runde Klammern gesetzt, sind die MILLERSchen Indizes, deren allgemeines Symbol (hkl) lautet. Flächen, die einer oder mehreren Achsen parallel laufen, erhalten in bezug auf diese Achsen den Wert $1/\infty = 0$. Für die vordere Würfel­fläche lautet das Symbol somit (100), für eine Seitenfläche (010) und für die obere Würfel­fläche (001). Die Fläche des Oktaeders hat das Symbol (111). Eine Fläche allgemeiner Lage, die die nach vorn weisende Achse und die nach oben verlaufende Achse schneidet und der Querachse (b -Achse) parallel läuft, bekommt das Symbol ($h0l$). Durch die Abbildung 12 wird uns die Raumlage einiger wichtiger Flächen und ihre Bezeichnung vorgeführt.

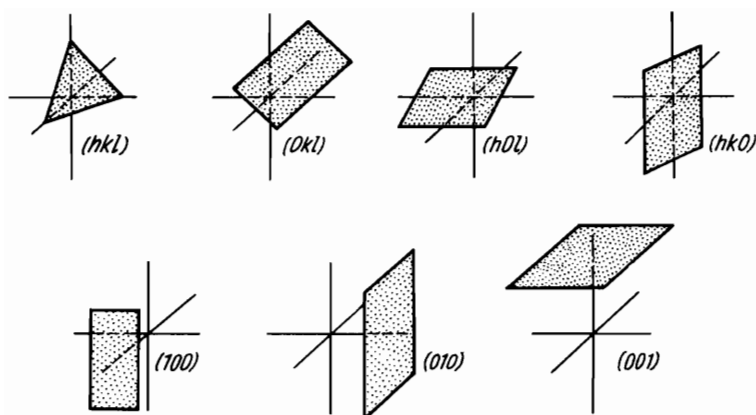


Abb. 12: Die Raumlage einiger wichtiger Kristallflächen und ihre MILLERSchen Indizes

Werden die Achsen in negativer Richtung (hinten, links, unten) geschnitten, so setzen wir über die entsprechende Ziffer ein Minuszeichen. Eine Fläche, die die a -Achse hinter dem Koordinatenschnittpunkt im Abstand 1 schneidet und den beiden anderen Achsen parallel läuft, erhält die Indizes $(\bar{1}00)$. Schließlich werden alle Flächen, die zu einer Form gehören, in geschweifte Klammern gesetzt, wenn die Gesamtform gekennzeichnet werden soll. Der Würfel bekommt das Symbol $\{100\}$, das Oktaeder $\{111\}$ usw. Jede einfache Form läßt sich also durch wenige Zahlen beschreiben.

Kristallsysteme und Achsenkreuze

Während in der Raumlehre meist ein rechtwinkliges Achsenkreuz benutzt wird, ist es für die Gruppierung der Kristalle sinnvoller, die Lage der Achsen dem Körper anzupassen. Deshalb orientiert man die Achsen so, daß sie den am Kristall vorhandenen (oder möglichen) Kantenrichtungen entsprechen. Alle Körperformen, die sich auf das gleiche Achsenkreuz beziehen lassen, gehören dem gleichen *Kristallsystem* an. Es gibt insgesamt sieben solcher Kristallsysteme, und für jedes sind ganz bestimmte Formen und Formkombinationen typisch. Durch einige Übung lernt man bald, gut ausgebildete Minerale ihrem Kristallsystem zuzuordnen. Da auf diese Weise die praktische Bestimmung wesentlich erleichtert wird, wollen wir die Kristallsysteme besprechen.

Die Kristallsysteme erhielten folgende Namen:

Name	Erklärung
Kubisches System	von lat. cubus = Würfel
Tetragonales System	von griech. tetra = vier; die Kristallquerschnitte der meisten Kristalle sind regelmäßige Vierecke = Quadrate
Hexagonales System	von griech. hex = sechs; als Kristallquerschnitte sind oft regelmäßige Sechsecke anzutreffen

Name	Erklärung
Trigonales System	von griech. treis, tria = drei; hier kommen als Querschnitte häufig gleichseitige Dreiecke vor
Rhombisches System	von griech. rhombos = Rhombus; die Querschnitte sind meist Rhomben
Monoklines System	von griech. monos = einer, einzig und klino = ich neige; eine Kristallachse ist geneigt
Triklines System	von griech. treis, tria = drei, klino = ich neige; alle drei Achsen sind gegeneinander geneigt

Die Minerale des hexagonalen und des trigonalen Systems lassen sich auf ein Achsenkreuz beziehen. In der Praxis kommen wir deshalb mit folgenden Kreuzen aus:

Kubisches System:

Dazu gehören alle Kristalle, die ein Achsenkreuz mit drei gleichwertigen, senkrecht aufeinanderstehenden Achsen haben. Die Achsen sind a_1 , a_2 und a_3 . Die Winkel zwischen den Achsenrichtungen $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ (s. S. 42). Kurzbezeichnung: $a_1 = a_2 = a_3$ und $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$.

Tetragonales System:

In die Kristalle dieses Systems kann man ein Kreuz mit drei rechtwinklig aufeinanderstehenden Achsen legen, von denen zwei gleichwertig sind. Kurzbezeichnung: $a_1 = a_2 \neq c$ ($\neq$ bedeutet „nicht gleich“) und

$$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$$

Hexagonales und trigonales System:

Hier verwenden wir ein *vierachsiges* Kreuz. Drei gleichwertige Achsen liegen in einer Ebene und bilden Winkel von 60° bzw. 120° . Die vierte Achse steht senkrecht auf dieser Ebene und ist im Vergleich zu den drei anderen länger oder kürzer.

Kurzbezeichnung: $a_1 = a_2 = a_3 \neq c$ und $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = 60^\circ, \beta = 90^\circ$

Rhombisches System:

Darin sind Kristalle vereinigt, denen ein Kreuz mit drei verschiedenen, senkrecht aufeinanderstehenden Achsen entspricht.

Kurzbezeichnung: $a \neq b \neq c$ und $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$

Monoklines System:

Das Achsenkreuz dieser Gruppe von Kristallen weist drei verschiedenwertige Achsen auf, von denen die nach vorn weisende mit der vertikalen Achse einen schiefen Winkel bildet.

Kurzbezeichnung: $a \neq b \neq c$ und $\alpha = \gamma = 90^\circ; \beta > 90^\circ$

Triklines System:

In triklinen Kristalle läßt sich ein Kreuz mit drei verschiedenwertigen Achsen legen, die sich alle unter einem schiefen Winkel schneiden.

Kurzbezeichnung: $a \neq b \neq c$ und $\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$

Es würde hier zu weit führen, alle in einem System möglichen Formen und Kombinationen zu besprechen. Wer sich damit intensiver befassen möchte, dem sind die Lehrbücher der Kristallographie zu empfehlen. Die kristallographische Formenlehre bedient sich vieler Bezeichnungen, die dem Liebhaber schwer verständlich sind und ihn aus diesem Grunde leicht verwirren. Eine auch dem Laien verständliche Einführung schrieb Prof. Dr. Robert L. PARKER: *Mineralienkunde* (Ott Verlag, Thun/München 1959). Eine sehr gute Übersicht über die Kristallsysteme und deren Untergliederung in Kristallklassen wird auch durch eine Zusammenstellung von Tafeln vermittelt, die von der Abteilung Fernstudium der Bergakademie Freiberg herausgebracht wurde: *Die 32 Kristallklassen*.

Wenn an einem Mineralfund ebenflächig begrenzte Körper zu erkennen sind, sollte versucht werden, ein zu diesem Körper passendes Achsenkreuz zu finden. Die kristallographischen Achsenkreuze und einige Formen, die ihnen zuzuordnen sind, haben wir auf den Seiten 42/43 dargestellt.

Erläuterung zur Tafel S. 42/43: Die kristallographischen Achsenkreuze und einige Formenbeispiele

Zu einem Kristallsystem gehören alle Formen, die sich dem gleichen Achsenkreuz zuordnen lassen. Von den insgesamt 48 möglichen einfachen Kristallformen sind 36 abgebildet worden. Wir können unterscheiden zwischen:

geschlossenen Formen, wie Würfel, Oktaeder, Rhombendodekaeder, die *allein* oder in Kombination mit anderen Formen auftreten, und *offenen Formen*, wie Prismen, Pyramiden, Pedien usw., die in jedem Fall mit anderen Formen kombiniert sind. Im kubischen System gibt es nur geschlossene Formen, im monoklinen und im triklinen System nur (im Kristall miteinander kombinierte) offene. In den übrigen Kristallsystemen kommen beide Formen, sowohl geschlossene als auch offene, vor. Außerdem ist zu berücksichtigen, daß viele Formen veränderlich sind. Eine Pyramide kann sehr flach, aber auch sehr steil sein. Das gleiche gilt für Rhomboeder, Prismen u. v. a.

Symmetrieeigenschaften der Kristalle

Ungestört gewachsene, ideal ausgebildete Kristalle zeichnen sich dadurch aus, daß man bestimmte geometrische Elemente, wie Ecken, Kanten oder Flächen, durch Spiegelung an einer gedachten Ebene oder durch Drehung um eine ebensolche Achse zur Deckung bringen kann. Die Ebenen bzw. Achsen, die eine bestimmte Lage im Kristall einnehmen, nennen wir *Symmetrieelemente*. An einem Körper können aber nicht beliebige Symmetrieelemente auftreten, sondern nur ganz bestimmte Elemente sind miteinander vereinbar. Durch Kombination der bei Kristallen möglichen Symmetrieelemente lassen sich 32 *Kristallklassen* ableiten. Das ergibt eine Untergliederung der sieben Kristallsysteme. Wenn sich die an einem Kristall vorhandenen Symmetrieelemente genau bestimmen lassen, dann kann man die Kristallklasse, zu der ein Mineral gehört, ermitteln. Leider stößt jedoch die Bestim-

mung der Symmetrieelemente bei den natürlich gewachsenen – meist mehr oder weniger verzerrten – Kristallen auf große Schwierigkeiten. Aber bereits wenn man dies oder jenes Element auffindet, erleichtert das die Mineralbestimmung. Oft gelingt es dann, das Mineral, wenn auch noch nicht seiner Kristallklasse, so doch wenigstens seinem Kristallsystem zuzuordnen.

An Symmetrieelementen, die ohne weiteres wahrnehmbar sind, können wir unterscheiden:

a) Zentrum, b) Spiegelebenen, c) Drehungsachsen und d) Drehspiegelachsen.

Von einem *Zentrum* sprechen wir, wenn jede Fläche eines Kristalls eine parallele und kongruente Gegenfläche aufweist. Gleichmaßen gilt das für alle Kanten und Ecken, ja für jeden Flächenpunkt eines Kristalls. Das Symmetriezentrum entspricht dem Kristallmittelpunkt. Von diesem Punkt aus sind gleichwertige Flächen, Kanten, Ecken usw. in Richtung und Gegenrichtung gleich weit entfernt. Wenn wir z. B. einen Würfel betrachten, können wir uns das leicht veranschaulichen. Zu jeder Würfelfläche gehört eine Gegenfläche, zu jeder Kante eine Gegenkante und zu jeder Ecke eine Gegenecke.

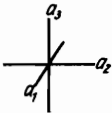
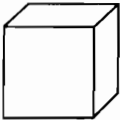
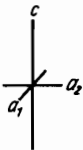
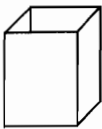
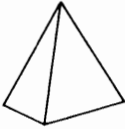
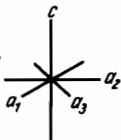
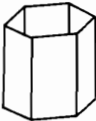
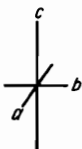
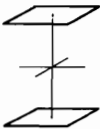
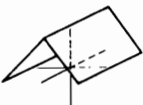
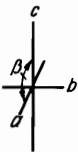
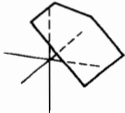
Eine *Spiegelebene* teilt einen Kristall in zwei gleiche, spiegelbildlich einander gegenüberliegende Hälften.

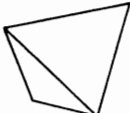
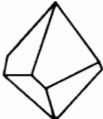
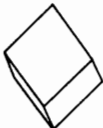
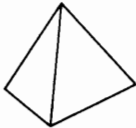
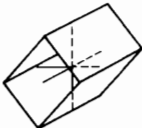
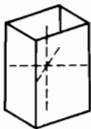
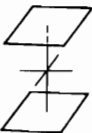
Bewegt man den Kristall um eine *Drehungsachse*, kommt es nach bestimmten Winkelbeträgen zur Deckung mit der Ausgangslage. Die Winkel, um die gedreht werden muß, betragen 180° , 120° , 90° und 60° , und es gibt demzufolge zwei-, drei-, vier- und sechszählige Achsen.

Bei den *Drehspiegelachsen* vereinen sich Drehung und Spiegelung. Im Gegensatz zu den einfachen Symmetrieelementen, den Spiegelebenen und Drehungsachsen, sind bei der Drehspiegelachse zwei Elemente miteinander gekoppelt. Dem Anfänger ist das schwer vorstellbar: Erst wenn der Kristall gedreht und außerdem an einer senkrecht zur Drehachse gedachten Symmetrieebene gespiegelt wird, erscheint z. B. zu einer Fläche ein Gegenstück. Folgendes Experiment soll uns die Wirkungsweise einer Drehspiegelachse verstehen lassen. Wir durchstechen einen aus Papier gefalteten und geklebten Würfel mit einer geraden Stricknadel an zwei einander gegenüberliegenden Eckpunkten und betrachten ihn von oben, d. h. von der Nadelspitze aus. Dabei sehen wir drei Würfelflächen, die durch Drehung der Nadel um jeweils 120° zur Deckung gebracht werden können. Demnach ist die durch zwei gegenüberliegende Eckpunkte eines Würfels verlaufende Achse eine dreizählige Drehungsachse. Betrachten wir nun den durchbohrten Würfel von der Seite her und stellen wir uns eine senkrecht zur Drehungsachse (Stricknadel) durch den Würfel verlaufende Spiegelebene vor, dann kommt bereits nach einer Drehung von 60° das spiegelbildliche Gegenstück zu einer oberen Fläche in Gestalt einer unteren Fläche zum Vorschein. Die dreizählige Drehungsachse erweist sich somit gleichzeitig als eine sechszählige Drehspiegelachse.

Es gibt sechs- und vierzählige Drehspiegelachsen, die immer gemeinsam mit einer drei- bzw. zweizähligen Drehungsachse auftreten. Beobachten wir an einem Kristall dreizählige oder zweizählige Drehungsachsen, dann müssen wir fragen, ob gleichzeitig eine Spiegelung an einer Ebene, die senkrecht zu diesen Achsen verläuft, nach dem jeweils halben Winkelbetrag möglich ist.

Die Wirkungsweise von Drehspiegelachsen läßt sich noch besser verständlich machen, wenn wir nicht den Kristall, sondern eine Punktfigur betrachten (Abb. 13).

<i>kubisch</i> 	 <i>Würfel</i>	 <i>Oktaeder</i>
<i>tetragonal</i> 	 <i>Tetragonales Prisma</i>	 <i>Tetragonale Pyramide</i>
<i>hexagonal und trigonal</i> 	 <i>Hexagonales Prisma</i>	 <i>Hexagonale Pyramide</i>
<i>rhombisch</i> 	 <i>Basispinakoid</i>	 <i>Doma</i>
<i>monoklin</i> 	 <i>seitliches Pedion</i>	 <i>Sphenoid</i>
<i>triklin</i> 	 <i>Basispedion</i>	 <i>Pedion</i>

			
<i>Rhombendodekaeder</i>	<i>Pentagondodekaeder</i>	<i>Tetraeder</i>	<i>Hexakisoktaeder</i>
			
<i>Tetragonales Trapezoeder</i>	<i>Tetragonales Disphenoid</i>	<i>Ditetragonale Pyramide</i>	<i>Ditetragonale Bipyramide</i>
			
<i>Rhomboeder</i>	<i>Trigonale Pyramide</i>	<i>Dihexagonale Pyramide</i>	<i>Dihexagonale Bipyramide</i>
			
<i>Prisma</i>	<i>Rhombisches Disphenoid</i>	<i>Rhombische Pyramide</i>	<i>Rhombische Dipyramide</i>
			
<i>Doma</i>	<i>Prisma</i>	<i>Basispinakoid</i>	<i>Prisma</i>
			
<i>Pedion</i>	<i>Pinakoid</i>	<i>Pinakoid</i>	<i>Pinakoid</i>

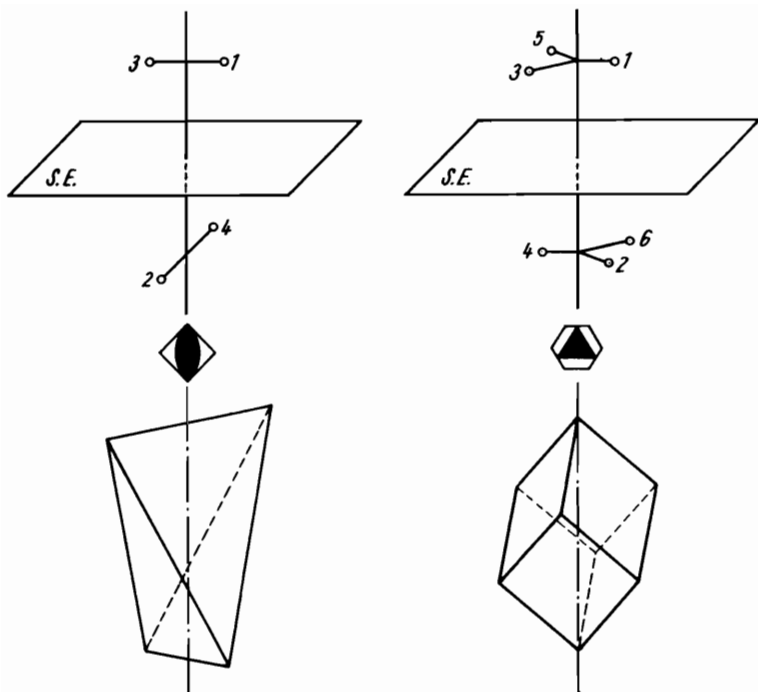


Abb. 13: Die Wirkungsweise einer vierzähligen (links) und einer sechszähligen (rechts) Drehspiegelachse

In die beiden Skizzen ist die senkrecht zur Drehungsachse gedachte Symmetrieebene eingezeichnet. Stellen wir uns einmal vor, wir drehen die oberhalb dieser Ebene liegende Punktfigur um 90° bzw. um 60° , dann liegen die Punkte symmetrisch zu denen der unterhalb der Ebene in der ursprünglichen Lage verbliebenen Figur.

Schließlich sei erwähnt, daß sich das Symmetriezentrum auch als eine zwei-zählige Drehspiegelachse auffassen läßt, d. h. als eine Drehung um 180° und gleichzeitige Spiegelung (Abb. 14).

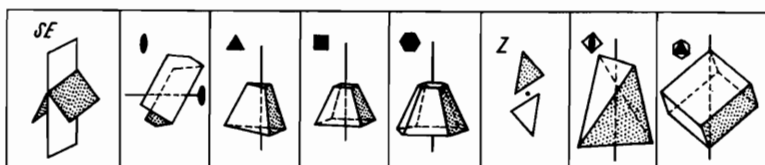
Abbildung 14 zeigt die Wirkungsweise der besprochenen Symmetrieelemente und ihre Symbole.

Abb. 14: Die Symmetrieelemente mit den dazugehörigen Symbolen

Spiegelebene

Drehungsachsen
2-, 3-, 4-, 6zählig

Drehspiegelachsen
2-, 4-, 6zählig



Wenn wir die uns bekannten geometrischen Körper einmal im Hinblick auf ihre Symmetrie untersuchen, werden wir über das Ergebnis erstaunt sein. An einem Würfel können wir folgende Symmetrieelemente „entdecken“:

- 3 vierzählige Drehungsachsen, die gegenüberliegende Flächenmitten durchstechen;
- 6 zweizählige Drehungsachsen, die jeweils zwei gegenüberliegende Kantenmitten verbinden;
- 4 sechszählige Drehspiegelachsen, die gleichzeitig einfachen dreizähligen Drehungsachsen entsprechen und die jeweils zwei Würfecken als Raumdiagonale verbinden;
- 3 Hauptspiegelebenen;
- 6 Nebenspiegelebenen und schließlich ein Symmetriezentrum.

Das ist die größte Zahl der an einem Mineral möglichen Symmetrieelemente. Alle Minerale, welche die gleiche Symmetrie haben, gehören zur gleichen Kristallklasse. Die Lage der soeben genannten Elemente im Würfel wird durch Abbildung 15 veranschaulicht.

Auf Hauptspiegelebenen stehen mindestens zwei gleichwertige Spiegelebenen senkrecht. Hauptdrehungsachsen sind die höherzähligen Achsen bei Mineralen mit mehreren verschiedenzähligen Drehungsachsen. Ferner heißen Drehungsachsen *polar*, wenn Richtung und Gegenrichtung nicht vertauschbar sind, d. h. wenn an den entgegengesetzten Ausstichpunkten der Drehungsachse eine unterschiedliche Flächenentwicklung vorliegt (Abb. 16). Kristalle mit polaren Achsen zeichnen sich durch bestimmte physikalische Eigenschaften aus. Diese Kristalle haben kein Symmetriezentrum und natürlich auch keine Spiegelebene senkrecht zur polaren Achse.

Die Symmetrieelemente der Kristalle sind nur zu erfassen, wenn man sich darin übt, Symmetrien zu erkennen. Da die meisten Kristalle im Gestein eingewachsen sind, bekommen wir gewöhnlich die „Kopfbilder“ zu sehen. Die Abbildung 17 enthält mehrere Kristallansichten, und wir können versuchen, die Spiegelebenen und Drehungsachsen herauszufinden.

Bei der praktischen Mineralbestimmung berücksichtigen wir die Symmetrieelemente, um ein Mineral eindeutig und besser als allein durch die Achsen-

Abb. 15:
Die Symmetrieelemente eines Würfels. Drehungs- und Drehspiegelachsen (links), Hauptspiegelebenen und Nebenspiegelebenen (rechts)

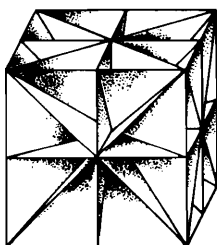
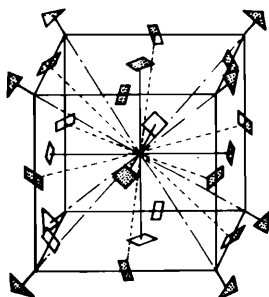
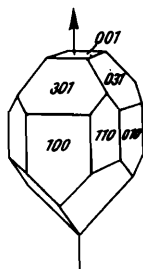
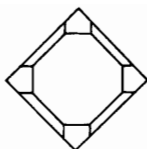


Abb. 16: Hemimorphit = Kieselzinkerz. $\text{Zn}_4(\text{OH})_2/\text{Si}_2\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$ mit polarer senkrechter Achse

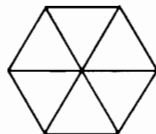




a



b



c



d

Die möglichen Kombinationen von Symmetrieelementen und die Namen der Symmetrieklassen

Kristallsystem	Symmetrieklasse Name nach GROTH	Symmetrieelemente		
		S.- Zentrum	S.- Ebenen	S.- Achsen
kubisch $a_1 = a_2 = a_3$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	Hexakisoktaedrisch	+	3 + 6	3■ 4⊕ 6⊕
	Pentagon- ikositetraedrisch			3■ 4▲ 6⊕
	Hexakistetraedrisch		6	3⊕ 4▲ _p
	Disdodekaedrisch	+	3	3⊕ 4⊕
	Tetraedrisch-pentagon- dodekaedrisch			3⊕ 4▲ _p
hexagonal $a_1 = a_2 = a_3 \neq c$ $\beta = 90^\circ$ $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = 60^\circ$	Dihexagonal- bipyramidal	+	1 + 6	1● 6⊕
	Hexagonal- trapezoedrisch			1● 6⊕
	Dihexagonal- pyramidal		6	1● _p
	Ditrigonal- bipyramidal		1 + 3	1▲ 3⊕ _p
	Hexagonal- bipyramidal	+	1	1●
	Hexagonal- pyramidal			1● _p
	Trigonal- bipyramidal		1	1▲
trigonal, hexagonale Koordinaten stets anwendbar	Ditrigonal- skalenoedrisch	+	3	1⊕ 3⊕
	Trigonal- trapezoedrisch			1▲ 3⊕ _p
	Ditrigonal-pyramidal		3	1▲ _p
	Rhomboedrisch	+		1⊕
	Trigonal-pyramidal			1▲ _p

WORTERKLÄRUNGEN ZU DEN NAMEN DER SYMMETRIEKLASSEN

Jede Symmetrieklasse ist nach dem Körper mit der größten Flächenzahl der Klasse benannt. Die Bezeichnungen leiten sich aus griechischen Körper- und Flächenformbezeichnungen und griechischen Zahlwörtern ab. Zum besseren Verständnis soll folgende Zusammenstellung dienen:

GRIECHISCHE ZAHLWÖRTER

dyo = zwei, tria = drei, tetra = vier, pente = fünf, hex = sechs, okto = acht, dodeka = zwölf, ikosi = zwanzig, ikositetra = vierundzwanzig.
di(s) = zweimal, tris = dreimal, tetrakis = viermal, hexakis = sechsmal

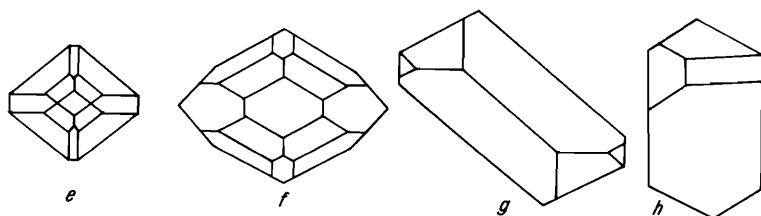


Abb. 17: Einige Kopfbilder von Kristallen zur Bestimmung der Spiegelebenen und Drehungsachsen (S. 46/47 oben)

Kristallsystem	Symmetrieklasse Name nach GROTH	Symmetrieelemente			
		S.- Zentrum	S.- Ebenen	S.- Achsen	
tetragonal $a_1 = a_2 \neq a_3$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	Ditetragonal- bipyramidal	+	1 + 4	1 ■	4 ◊
	Tetragonal- trapezoedrisch			1 ■	4 ◊
	Ditetragonal- pyramidal		4	1 ■ _p	
	Tetragonal- skalenoeidrisch		2	1 ◊	2 ◊
	Tetragonal- bipyramidal	+	1	1 ■	
	Tetragonal-pyramidal			1 ■ _p	
	Tetragonal- bisphenoidisch			1 ◊	
rhombisch $a \neq b \neq c$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	Rhombisch- bipyramidal	+	3	3 ◊	
	Rhombisch- bisphenoidisch			3 ◊	
	Rhombisch- pyramidal		2	1 ◊ _p	
monoklin $a \neq b \neq c$ $\alpha = \gamma = 90^\circ \beta > 90^\circ$	Prismatisch	+	1	1 ◊	
	Sphenoidisch			1 ◊ _p	
	Domatisch		1		
triklin $a \neq b \neq c$ $\alpha \neq \beta \neq \gamma \gtrless 90^\circ$	Pinakoidal	+			
	Pedial				

+ = Zentrum vorhanden, p = polare Drehungsachse

KÖRPER- UND FLÄCHENBEZEICHNUNGEN

Ikositetraeder = Vierundzwanzigflächner, Dodekaeder = Zwölfblächner, Oktaeder = Achtflächner, Hexaeder = Sechsfächner (Würfel), Tetraeder = Vierflächner, Rhomboeder = von Rhombenflächen begrenzte Kristallform, Trapezoeder = von Trapezflächen begrenzte Kristallform, Skalenoeider = von ungleichseitigen Dreiecken begrenzte Kristallform (griech. *skalenos* = schief), Sphenoid = ein keilförmiges Flächenpaar (griech. *sphen* = Keil), Doma = ein dachförmiges Flächenpaar (griech. *doma* = Haus, Dach), Pinakoïd = Fläche und parallele Gegenfläche (griech. *pinax* = Fläche), Pedion = eine Einzelfläche (ohne parallele Gegenfläche) (griech. *pedion* = Fläche, Ebene)

BEISPIELE

Hexakisoktaeder = Sechsmalachtflächner = 48-Flächner

Disdodekaeder = Zweimalzwölfblächner = 24-Flächner

Dihexagonale Bipyramide = zwei hexagonale Doppelpyramiden

kreuze einem der Kristallsysteme zuordnen zu können. Die Kristallklasse ohne eingehendere Untersuchungen und Messungen zu bestimmen ist kaum möglich und setzt bereits Erfahrung voraus. Im Hinblick auf die Symmetrieelemente unterscheiden sich die Kristallsysteme folgendermaßen voneinander: Es gibt im

kubischen System mehrere Hauptspiegelebenen oder Hauptdrehungsachsen,
tetragonalen System eine vierzählige Hauptdrehungsachse oder eine vierzählige Drehspiegelachse oder zwei gleiche Nebenspiegelebenen,
hexagonalen und trigonalen System eine sechszählige Hauptdrehungsachse oder eine dreizählige Hauptdrehungsachse oder drei gleiche Nebenspiegelebenen,
rhombischen System mehrere senkrecht aufeinanderstehende ungleiche Nebenspiegelebenen oder Drehungsachsen,
monoklinen System eine zweizählige Drehungsachse oder eine Nebenspiegelebene und im
triklinen System keine Spiegelebene und keine Drehungsachse.

Die in diesen Systemen überhaupt möglichen Kombinationen von Symmetrieelementen und die Benennung der entsprechenden Klassen zeigt die Tabelle auf den vorherigen zwei Seiten. Die Zusammenstellung soll es uns in erster Linie ermöglichen, das Kristallsystem, zu dem ein Körper gehört, festzustellen. Beobachten wir z. B. an einem Kristall eine vierzählige Drehungsachse und eine dreizählige Drehungsachse, so entnehmen wir dieser Tabelle, daß es eine solche Kombination von Symmetrieelementen nur im kubischen System gibt.

Zur Ausbildung natürlicher Kristalle

Habitus

Die Gestalt der Kristalle weicht meist erheblich von der „Idealgestalt“ ab. Bei modellartigen Kristallen ist es nicht schwierig, die Symmetrieelemente und die Formen zu bestimmen. Die durch ungleichmäßige Stoffanlagerung entstandenen „Verzerrungen“ indessen verraten oft nur durch die Winkelbeziehungen ihre Zugehörigkeit zu einem bestimmten System.

Die Flächenentwicklung der Kristalle wird vom Druck und von der Temperatur während der Bildung und von Stoffen beeinflusst, die in der Lösung enthalten sind. Eine Mineralart kann bei gleichem Chemismus und Feinbau deshalb ganz verschiedene Gestalten aufweisen. Der Calcit, dessen Zusammensetzung und Struktur wir kennengelernt haben, kommt in dünnen sechseckigen Tafeln, aber auch in langgestreckten, nadelförmigen Kristallen vor, um nur zwei der vielen Möglichkeiten zu nennen. In beiden Fällen hat er die gleiche Symmetrie und Struktur, die ihn einer bestimmten Kristallklasse und Raumgruppe zuordnen.

Neben den Bildungsbedingungen beeinflusst aber auch die Anordnung der Atome im Kristallgitter die Entwicklung der Formen. Es ist kein Zufall, daß die Minerale der Glimmergruppe, die einen netzartigen Atomverband haben, häufig blättchenförmig kristallisieren, während das kettenförmige Gitter der Hornblenden und Augite eine säulige oder faserige Ausbildung zur Folge hat.

Manche Minerale weisen immer wieder gleiche oder ähnliche Formen auf, andere wiederum sind sehr variabel. Man sollte die relative Flächenentwick-

lung oder den *Habitus* (lat. = Aussehen) bei der Mineralbestimmung als *ein* Merkmal berücksichtigen. Ungeachtet der Übergänge unterscheiden wir folgende Hauptausbildungsformen:

1. Das Mineral hat sich nach allen drei Raumrichtungen annähernd gleichmäßig entwickelt. Es ist würfelförmig, oktaederförmig usw., allgemein isometrisch.
2. Das Mineral ist bevorzugt nach zwei Raumrichtungen gewachsen und hat tafelförmige, blättchenförmige, blättrige oder schuppige Gestalt.
3. Das Mineral streckt sich nach einer Richtung und ist säulig, stengelig, nadelförmig, faserig oder haarförmig.

Die charakteristischen Ausbildungsformen werden bei der Beschreibung der Mineralarten angeführt. Einer näheren Erklärung bedürfen die Begriffe nicht, da sie allgemein verständlich sind (z. B. würfelig, tafelig, faserig). In der Abbildung 18 (S. 17) haben wir die drei Hauptausbildungsformen einander gegenübergestellt.

Wachstumsstörungen

Gelegentlich stoßen wir auf skelett- oder trichterförmige Körper. Diese unvollständigen Formen entstehen dadurch, daß die Entwicklung der Kristalle bei schnellem Wachstum in einigen Richtungen vorseilt. Solche Skelettkristalle bildet auch Galenit (Abb. 19, S. 18).

Manchmal umschließt der wachsende Kristall einen kleinen Anteil der Lösung, aus der er kristallisiert. Die Minerale haben dann Flüssigkeitseinschlüsse mit oder ohne Gasblasen. Besonders beim Steinsalz und Gips beobachten wir diese Einschlüsse. Die Kristalle enthalten sogenannte *Libellen*, wie wir im Vergleich zur Wasserröhre sagen. Auch völlig unregelmäßige, draht-, baum- oder astförmige Wachstumsformen kommen vor (Abb. 20, S. 18).

Ein gestörtes Kristallwachstum kann sich auch in Riefung oder *Streifung* mancher Flächen ausdrücken. Oft ist nur eine bestimmte Flächenform gestreift, während andere Flächen glatt sind. Wir erkennen daran, welche Flächen zu einer Form gehören. Die Streifung entsteht, wenn sich eine zweite Form durchsetzen möchte. Beim Pyrit können wir diese Erscheinung häufig beobachten. Dort bringt sich neben dem vorherrschenden Würfel das Pentagondodekaeder oder „Pyritoeder“ zur Geltung. Die Querstreifung auf manchen Prismenflächen des Quarzes wird durch ein abwechselndes Wachstum von Prismen- und Rhomboederflächen verursacht. Ganz anderer Natur als diese *Kombinationsstreifung* ist die *Zwillingsstreifung*, die wir im nächsten Kapitel erwähnen.

Kristallverwachsungen

Viel häufiger als Einzelkristalle sind Kristallverwachsungen. Meist sind die Kristalle in zufälliger, unregelmäßiger Art und Weise verwachsen. Es gibt aber auch gesetzmäßige Verwachsungen, die unsere besondere Aufmerksamkeit verdienen.

Um *orientierte Verwachsungen* handelt es sich, wenn Kristalle verschiedener Art so miteinander verwachsen sind, daß beide die gleiche Lage einnehmen. Das setzt annähernde Übereinstimmung der aufeinanderliegenden Gitter-

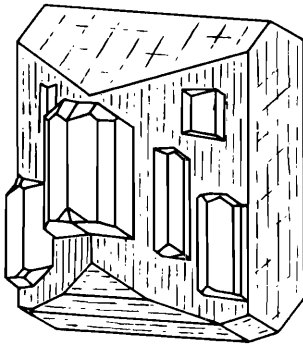


Abb. 21: Kleine durchsichtige Albitkristalle sind orientiert auf den Prismenflächen des Orthoklas aufgewachsen

maschen voraus. Als Beispiel nennen wir die orientierte Aufwachsung von Albit auf den (110)-Flächen des Orthoklas (Abb. 21).

Bei der *Zwillingsverwachsung* sind Kristalle *derselben* Art symmetrisch verwachsen. Dadurch treten zusätzliche Symmetrieelemente, die Zwillingssebene und die Zwillingsachse, auf. Ein bezeichnendes Merkmal vieler, aber nicht aller Zwillinge sind einspringende Winkel, die an einem einzelnen Kristall nie vorkommen. Manche Minerale können in mehr als einer Weise symmetrisch miteinander verwachsen. Die Verwachsungen werden nach dem charakteristischen Aussehen oder nach typischen Fundorten derartiger Mineralgruppen bezeichnet. Beim Orthoklas, einem Mineral der Feldspatgruppe, kennen wir z. B. das Karlsbader, Manebacher und Bavenoer Gesetz.

Der Form nach trennen wir zwischen Berührungs- und Durchwachsungszwillingen (Abb. 22).

Die Form der Zwillinge erlaubt in zahlreichen Fällen die eindeutige Bestimmung eines Minerals. Aus diesem Grund haben wir typische Zwillingungsverwachsungen im Bestimmungsteil abgebildet.

Wenn sich die Zwillingungsverwachsung mehrfach wiederholt, entstehen *Verzwillinge*. Für manche Minerale ist eine lamellare (polysynthetische) Verzwilligung, welche die Zwillingsstreifung auf bestimmten Kristallflächen hervorruft, charakteristisch. Wir begegnen ihr nicht selten beim Calcit und beim Plagioklas, einem triklinen Feldspat.

Pseudomorphosen

Tritt ein Mineral in der Gestalt eines anderen auf, so sprechen wir von einer *Pseudomorphose* (griech. pseudo = falsch, morphe = Gestalt). Die Pseudomorphosen sind begehrte Sammlungsobjekte. Sie beweisen uns, daß unter anderen physikalischen und chemischen Bedingungen als denen, welche zur Zeit der Bildung eines Minerals herrschten, Stoffe umgelagert werden können. Die ursprüngliche Substanz wird dabei von einer anderen verdrängt. Die neue Substanz nimmt jedoch nicht die ihr entsprechende Gestalt an, sondern versteckt sich hinter der Form des umgewandelten Minerals. Die Eigenschaften einer Pseudomorphose, wie Farbe, Härte und chemische Zusammensetzung, stehen im Widerspruch zur Kristallgestalt.

Der gelbe, metallisch glänzende und in Würfeln kristallisierende Pyrit wird unter bestimmten Bedingungen zu Limonit, einem Eisenhydroxid, umgewan-

delt. Die Kristalle haben dann eine braune Farbe. Besonders auffällig ist auch die Verdrängung des dunkelblauen Azurits durch den grünen Malachit, wie sie an vielen Sammlungsstücken aus Tsumeb/Namibia zu beobachten ist. Manchmal ist es nicht zur vollständigen Stoffumwandlung gekommen, so daß neben dem neuen Mineral Reste der ursprünglichen Substanz vorhanden sind. Für die Abbildung 23 (S. 19) haben wir eine Roteisenerz pseudomorphose nach Calcit ausgewählt, bei der die nunmehr von einem neuen Mineral ausgefüllten Calcitformen sehr gut erkennbar sind.

Mineralaggregate

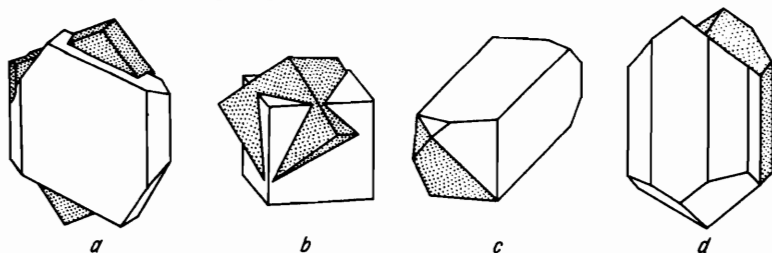
Verwachsungen von Mineralen nennen wir, ganz gleich ob die sich berührenden Kristalle zur gleichen Art oder zu verschiedenen Arten gehören, *Mineralaggregate* (lat. aggregare = anhäufen). Zeigen die Minerale der Verwachsungen gut ausgebildete Flächen, dann sprechen wir von *Stufen*. Vielfach bestehen solche Stufen aus mehreren Mineralarten, aus deren Verwachsung wir die Bildungsfolge ersehen können. Manchmal werden größere, voll ausgebildete Kristalle von kleineren Kristallen der gleichen Art überwachsen. In diesem Fall haben wir es mit zwei Generationen zu tun. Wir sollten immer darauf achten, welche Minerale zusammen vorkommen. Gerade aus dem gemeinsamen Auftreten ergeben sich wichtige Hinweise. Das soll an einem Beispiel erläutert werden.

Die beiden Minerale Molybdänit MoS_2 und Graphit C unterscheiden sich in ihren äußeren Eigenschaften nur wenig und können deshalb vom Anfänger leicht verwechselt werden. Beobachten wir nun in einem Mineralaggregat neben dem fraglichen Mineral Cassiterit oder Wolframit, dann liegt bestimmt Molybdänit vor, da dieses Mineral, nicht aber Graphit, gemeinsam mit Cassiterit oder Wolframit auftritt. Auf die Verknüpfung der Minerale hat besonders J. A. BREITHAUPT, der im vorigen Jahrhundert an der Bergakademie Freiberg wirkte, durch seine Veröffentlichung über „*Die Paragenesis der Minerale*“ (griech. para = neben, daneben und griech. genesis = Entstehen; die Minerale sind nebeneinander entstanden) das Augenmerk gelenkt.

Aus den Wänden von Gesteinsspalten und aus Gesteinshohlräumen (Drusen) stammen die Stufen mit strahligen Kristallaggregaten. Die „strahlig“ angeordneten Bergkristalle aus den Kristallkellern der Alpen führten im Schwei-

Abb. 22: Einige Zwillingungsverwachsungen von Kristallen

- a = Durchwachsungszwilling, Orthoklas (Karlsbader Gesetz)
- b = Durchwachsungszwilling, Fluorit
- c = Berührungszwilling, Orthoklas (Bavenoer Gesetz)
- d = Berührungszwilling, Augit



zer Volksmund zur Bezeichnung „Strahl“ für den Bergkristall. Die Mineralsucher heißen dort „Strahler“. Die meisten Mineralaggregate entstanden unter Bedingungen, denen zufolge sich die einzelnen Kristalle beim Wachstum gegenseitig behinderten. Für die kristalline Flächenausbildung war kein oder nicht genügend Raum vorhanden. Neben dichten, entweder amorphen oder kryptokristallinen (griech. *kryptos* = verborgen) Massen begegnen uns körnige Verwachsungen. Nach der mittleren Größe der Einzelkörner unterteilen wir die Mineralaggregate in:

- 0,1–0,3 mm = feinkörnige,
- 0,3–1,0 mm = kleinkörnige,
- 1,0–3,0 mm = mittelkörnige,
- 3,0–10,0 mm = grobkörnige,
- 10,0–30,0 mm = großkörnige,
- (größer als) > 30,0 mm = riesenkörnige.

Selbst bei Raumangel setzen viele Minerale bestimmte Wachstumsrichtungen durch. So erklärt es sich, daß außer körnigen auch blättrige, schuppige, stengelige, faserige, tafelige und nadelige Aggregate vorkommen. Bezeichnungen wie radialstrahlig, parallelfaserig, garben-, fächer-, stern- und rosettenförmig bedürfen keiner Erklärung. Für manche Aggregatformen bürgerten sich in der Mineralogie spezielle Begriffe ein. Kompakte, radialstrahlige oder -faserige Gebilde mit rundlich-nieriger, glänzender Oberfläche heißen *Glaskopf*, wenn es sich um Eisen- und Manganverbindungen handelt. Zapfenartige Gebilde nennen wir *stalaktitisch*. In den Kalkhöhlen entstehen die Stalaktiten (griech. *stalassein* = tropfen) durch Kalziumkarbonatausscheidung des tropfenden Wassers, das vorher im Gestein zirkulierte und dabei geringe Kalkmengen löste. Andere Stalaktiten sind wohl, ebenso wie die Glasköpfe, getrocknete gallertartige Massen. Ähnlich wie die stalaktitischen Oberflächen weisen auch die kugeligen oder traubigen Formen auf die vormalig kolloidale Natur eines Minerals hin (griech. *kolla* = Leim).

Sekretionen (lat. *secretio* = Abscheidung, Absonderung) liegen vor, wenn ein ehemaliger Hohlraum im Gestein vollständig von Mineralsubstanz ausgefüllt wurde. Die Sekretionen im Gestein, als Mandeln oder Geoden auftretend, sind wegen ihrer bisweilen schönen ringförmigen Bänderung begehrt. Achat, eine Abart des Quarzes, ist in dieser Ausbildung verbreitet. Andere kugelförmige, brotlaibartige oder ganz unregelmäßig-knollige Mineralaggregate, die *Konkretionen* (lat. *concretio* = Verdichtung, Verwachsung), haben sich von einem Zentrum aus im noch weichen, unverfestigten Gestein gebildet. Sie sind also, im Gegensatz zu den Sekretionen, von innen nach außen gewachsen. Schließlich müssen wir die *oolithischen Aggregate* erwähnen. In fast allen Sammlungen der Welt ist der Erbsenstein von Karlovy Vary (Karlsbad) vertreten, der diese Ausbildungsweise besitzt. Er besteht aus kugeligen bis eiförmigen, konzentrisch-schalig aufgebauten Ooiden (griech. *oon* = Ei), von denen sich der Begriff „oolithisch“ ableitet.

Bei der Mineralbestimmung sollten wir jedoch nicht nur auf die bisher beschriebenen Eigenschaften achten, sondern auch berücksichtigen, ob die Aggregate kompakt oder porös sind, ob es sich um feste oder um erdige Massen handelt, ob krustige Überzüge oder „Beschläge“ vorliegen, denn auch diese Ausbildungen sind auf manche Minerale beschränkt.

Auf der Bildtafel S. 22/23 sind einige Aggregatformen zusammengestellt.

PHYSIKALISCHE EIGENSCHAFTEN DER MINERALE

Nachdem wir uns im vorigen Abschnitt mit dem Feinbau und der Gestalt der Minerale und mit der Beschaffenheit von Mineralaggregaten befaßten, wollen wir nun einige physikalische Eigenschaften betrachten. Wir beschränken uns dabei auf Merkmale, die ohne große Hilfsmittel schnell bestimmt werden können.

Farbe und Strich

Wer eine Mineralsammlung das erste Mal besichtigt, wird nicht nur über die Vielfalt der Formen erstaunt sein, in denen ein Mineral erscheinen kann, sondern es wird ihn darüber hinaus verwundern, daß manche Minerale in verschiedenen Farben auftreten. Fluorit mit der einfachen chemischen Zusammensetzung CaF_2 kommt in gelben, grünen, violetten, blauen, braunen und roten Farben, aber auch in farblos durchsichtigen würfelförmigen Kristallen vor. Unabhängig von der Färbung handelt es sich immer um die gleiche chemische Verbindung CaF_2 mit einer gleichartigen Anordnung der Kalzium- und Fluor-Ionen. Ähnlich verhält es sich beim Quarz und bei einer großen Zahl anderer Minerale. Beim Quarz haben die Farbabarten sogar eigene Namen erhalten: farbloser Quarz heißt Bergkristall, die weiße Abart Milchquarz, die violette Amethyst, die gelbe Citrin usw. Bei all diesen Abarten handelt es sich um das Mineral Quarz mit dem Chemismus SiO_2 . Die unterschiedliche Färbung eines Minerals wird meist durch geringfügige Beimengungen, die chemisch kaum nachweisbar sind, verursacht. Bei anderen Mineralen entsteht die Farbe durch Baufehler des Gitters.

Alle Minerale, deren Farbe nicht konstant ist, nennen wir *allochromatisch* (griech. allos = anders, fremd; chroma = Farbe; also fremdfarbig).

Andererseits gibt es eine Reihe von Mineralen, die immer die gleiche Farbe haben. Azurit, ein basisches Kupferkarbonat, ist stets lasurblau und Realgar mit der Zusammensetzung As_2S_3 immer rot. Vor allem die metallisch glänzenden Minerale zeichnen sich durch eine konstante Farbe aus. Da sie jedoch nicht selten „anlaufen“ und dann ebenfalls uncharakteristische bunte Farben aufweisen, müssen wir ihre Farbe an einer frischen Bruchfläche ermitteln. Im Gegensatz zu der zuerst besprochenen Gruppe der allochromatischen Minerale nennen wir die Gruppe mit konstanter Farbe *idiochromatisch* (griech. idios = eigen, also eigenfarbig).

Eine interessante Erscheinung können wir am Turmalin, am Cordierit und an anderen durchsichtigen Mineralen wahrnehmen. Die Farbe oder Farbtiefe dieser Minerale hängt von der Blickrichtung ab. Beim Turmalin lassen sich zwei Farbtöne, hellgrün und sehr dunkelgrün, unterscheiden. Cordierit zeigt drei Farben: Blauviolett – Grau – Grau mit Stich ins Blaue, Violette oder Gelbe. Aus der Physik ist uns bekannt, daß die Farben durch Absorption bestimmter Wellenlängen des weißen Lichts zustande kommen. Die einzelnen Wellenlängen werden je nach den Atomarten, die das Mineralgitter aufbauen, mehr oder weniger geschwächt. Bei den *dichroitischen* und *pleochroitischen* Mineralen (griech. di- = zwei-, pleon = mehr) findet somit in verschiedenen Kristallrichtungen eine unterschiedliche Absorption statt.

Man sollte die Minerale zum Zweck der Bestimmung nicht in erster Linie nach der Farbe einteilen, da viele Minerale in fast allen Farbgruppen be-

schrieben werden müßten. Trotzdem ist die Farbe für die Mineralbestimmung ein wesentliches Merkmal. In der Praxis wird die Mineralfarbe meist mit der Farbe bekannter Gegenstände verglichen, woraus sich Begriffe wie messinggelb, apfelgrün, honiggelb, zinnweiß usw. erklären. Erst wenn man in der Farbbestimmung sicher ist, wird man geringe Farbnuancen unterscheiden können und bereits einmal bestimmte Minerale anhand ihres typischen Farbtönen erkennen. Um die im Bestimmungsteil benutzten Farbbezeichnungen richtig anzuwenden, orientieren wir uns am besten an einigen idiochromatischen Mineralen (zusammengestellt von BETECHTIN):

- | | |
|-------------------------|---------------------------|
| 1. Violett | – Amethyst |
| 2. Blau | – Azurit |
| 3. Grün | – Malachit |
| 4. Gelb | – Auripigment |
| 5. Orange | – Krokoit |
| 6. Rot | – Cinnabarit (als Pulver) |
| 7. Braun | – poröser Limonit |
| 8. Gelbbraun | – ockerartiger Limonit |
| 9. Zinnweiß | – Arsenopyrit |
| 10. Bleigrau | – Molybdänit |
| 11. Stahlgrau | – Fahlerz |
| 12. Eisenschwarz | – Magnetit |
| 13. Indigoblau | – Covellin |
| 14. Kupferrot | – gediegenes Kupfer |
| 15. Messinggelb | – Chalkopyrit |
| 16. Metallisch goldgelb | – Gold |

Damit wir uns diese Farben einprägen, können wir aus Sammlungsmaterial eine „Vergleichsskala“ zusammenstellen. Fast alle aufgeführten Minerale sind aus Sammlungen leicht zu beschaffen.

Die Farberscheinungen, von denen bisher gesprochen wurde, beruhen darauf, daß aus dem Spektrum des weißen Lichtes bestimmte Wellenlängen durch Absorption verschwinden. Ganz anderer Art sind die *Interferenzfarben*. Sie entstehen, wenn sich Lichtwellen überlagern, die an der Oberseite und an feinsten Spalttrissen oder an winzigen Einschlüssen im Inneren eines Minerals reflektiert werden. Diese physikalische Erscheinung ist unabhängig von der Zusammensetzung des Minerals. Wir beobachten sie beim Opal und beim Labradorit und bezeichnen sie daher in der Mineralogie als „Opaleszieren“ und „Labradorisieren“. Von den schillernden Ölhäuten auf Wasser oder Asphalt und den bunten Seifenblasen sind uns solche Effekte als NEWTONsche Farben vertraut. Die sogenannten „Anlauffarben“ metallischer Proben kommen ebenfalls dadurch zustande, daß sich die an der Ober- und Unterseite dünner Zersetzungshäutchen spiegelnden Lichtwellen überlagern („interferieren“).

Ein wichtiges Hilfsmittel für die Bestimmung nach äußeren Kennzeichen ist neben der Farbe des Minerals der *Strich*. Darunter versteht man die Farbe des Mineralpulvers auf einer weißen Unterlage. Um den Strich zu bestimmen, fahren wir mit dem Mineral unter leichtem Druck über eine unglasierte Porzellantafel (Strichtafel) oder ein beliebiges Stück unglasierten Porzellans hinweg (Abb. 24, S. 19).

Die Strichfarbe ist oft eindeutiger als die Mineralfarbe. Davon können wir uns leicht überzeugen, wenn wir einige Farbabarten eines Minerals in bezug auf den Strich bestimmen. Der Fluorit, den wir als Beispiel für fremdfarbige Minerale erwähnten, liefert immer einen weißen Strich, unabhängig von seiner

Farbe. Für viele allochromatische Substanzen ist der Strich konstant und deshalb charakteristischer als ihre Farbe. Bei den eigenfarbigen Mineralen besteht zwischen der Farbe und dem Strich mitunter ein auffälliger Kontrast. Der Strich des goldgelben Pyrits ist grünlichschwarz, um nur ein Beispiel zu geben.

Glanz und Durchsichtigkeit

Licht, das auf eine glatte Fläche auftrifft, wird teils gebrochen und teils gespiegelt. Den *Glanz* ruft der zurückgeworfene Lichtanteil hervor. Die Intensität des Glanzes ist unabhängig von der Farbe eines Minerals. Nach einer zuerst von FRESNEL abgeleiteten Formel ist die Menge des reflektierten Lichtes um so größer, je stärker das Licht von einem Mineral gebrochen wird. In recht einfacher Weise können wir die Minerale bei bloßer Betrachtung nach ihrem Glanz in *metallisch glänzende* und *nichtmetallisch glänzende* unterteilen. Wir brauchen die Glanzerscheinungen nur mit Metallen, die uns bekannt sind, oder mit nichtmetallischen Gegenständen, wie Glas u. a. zu vergleichen. Metallglanz ist an undurchsichtige Minerale mit hoher Lichtbrechung gebunden. Nichtmetallisch glänzen demgegenüber Minerale mit niedriger bis mittlerer Lichtbrechung. Zwischen diesen beiden Gruppen stehen die *halbmetallisch glänzenden* Minerale: Zwar brechen sie das Licht stark, doch sind sie von durchsichtiger bis durchscheinender Beschaffenheit.

Der Haupteinteilung der Minerale im Bestimmungsteil liegt die Art des Glanzes zugrunde.

Sollte es uns einmal schwerfallen, dieses Merkmal zu ermitteln, dann benutzen wir auch hier, nach dem Vorschlag von TERTSCH, die Strichtafel: Der Strich metallisch glänzender Minerale läßt das Weiß der Unterlage nicht mehr durchscheinen, d. h., das Mineralpulver ist undurchsichtig. Nichtmetallisch glänzende Minerale liefern einen weißen oder nur schwach gefärbten Strich. An einem dunkelfarbigen, durch das Weiß der Unterlage aufgehellten Strich erkennen wir halbmetallisch glänzende Minerale.

Oft läßt sich der Glanz eines Minerals noch näher bezeichnen, wobei wir uns wiederum des Vergleichs bedienen und von *Wachs-*, *Fett-*, *Diamant-*, *Perlmutter-*, *Glasglanz* usw. sprechen. Diese speziellen Glanzeigenschaften haben verschiedene Ursachen. Sie können von winzigen Einschlüssen herühren oder durch Spiegelung an Spaltrissen oder parallel gerichteten Fasern bewirkt werden. Der Diamantglanz – wir beobachten ihn nicht nur am Diamanten selbst – setzt eine höhere Lichtbrechung als der Glasglanz voraus.

Die eigentlichen Glanzerscheinungen lassen sich nur an glatten Flächen beobachten. An unebenen und rauen Flächen wird das Licht in die verschiedensten Richtungen zerstreut; dadurch sehen die Flächen *matt* aus. (Minerale mit solchen Oberflächen weisen „*Mattglanz*“ auf.)

Sowohl der allgemeine Glanz als auch die speziellen Glanzarten sind für die Bestimmung der Minerale nach äußeren Kennzeichen sehr wichtig.

Der gebrochene Lichtanteil, der sich im Mineral fortpflanzt, geht entweder mit kaum abgeschwächter Intensität hindurch, so daß das Mineral *durchsichtig* erscheint, oder er wird mehr oder weniger stark verschluckt (absorbiert). Wieviel Licht durchtritt, hängt von der chemischen Natur des Stoffes ab. Bei den Metallen und fast allen Sulfiden, aber auch bei anderen Verbindungen tritt überhaupt kein Licht wieder aus. Diese Stoffe sind *undurch-*

sichtig. Eine etwas größere Lichtdurchlässigkeit haben Minerale wie Sphalerit, Cinnabarit u. a., die wir *halbdurchsichtig* nennen (Abb. 25, S. 20).

Bei der Bestimmung der Lichtdurchlässigkeit müssen wir die Dicke des Minerals berücksichtigen, da manche Proben in dünnen Schichten und an den Kanten auch dann etwas Licht durchlassen, wenn sie im größeren Stück undurchsichtig sind. Außerdem kann die Lichtdurchlässigkeit nur an einheitlichen Kristallen, nicht etwa am Kristallaggregat, ermittelt werden. In den Aggregaten wird ja das Licht nach allen Richtungen zerstreut, so daß selbst lichtdurchlässige Stoffe, wenn sie in körniger oder blättriger Beschaffenheit vorliegen, undurchsichtig und weiß gefärbt sind.

Lichtbrechung und Doppelbrechung

Bekanntlich wird ein Lichtstrahl, der schräg auf eine Grenzfläche fällt, beim Übertritt von einem optisch dünneren in ein optisch dichteres Medium (z. B. vom Übertritt aus der Luft in Glas) zum Einfallslot hin gebrochen. Der Sinus des Einfallswinkels steht zu dem Sinus des Brechungswinkels bei ein und demselben Stoff in einem konstanten Verhältnis, das wir als *Brechungsquotient*

$$n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$$

bezeichnen.

Das ist das SNELLIUSSCHE Brechungsgesetz, wie es in den Physiklehrbüchern abgeleitet wird.

Bei den meisten Mineralen sind die Brechungsverhältnisse nicht so einfach. Nur die kubischen und amorphen Minerale weisen einen einzigen Lichtbrechungswert auf. Alle anderen Minerale zerlegen auf Grund ihrer Gitternatur das auftreffende Licht in zwei Wellenfronten, die sich innerhalb des Kristalls mit unterschiedlicher Geschwindigkeit fortpflanzen. Wir bezeichnen diese Erscheinung als *Doppelbrechung*. An einem klar durchsichtigen Spaltstück aus Calcit (Doppelspat) ist sie in Form einer Bildverdoppelung bereits mit bloßem Auge wahrnehmbar (Abb. 26, S. 20).

Wir wollen den komplizierten Vorgang der Doppelbrechung nicht näher darstellen. Es möge genügen zu wissen, daß die nichtkubischen Kristalle in fast allen Richtungen zwei Brechungsquotienten aufweisen. Nur in einer bzw. in zwei Richtungen sind sie einfachbrechend, und zwar die Kristalle des tetragonalen, hexagonalen und trigonalen Systems in Richtung ihrer kristallographischen Hauptachse und die Kristalle des rhombischen, monoklinen und triklinen Systems in zwei Richtungen, die nur zufällig mit kristallographischen Elementen zusammenfallen können. In bestimmten Richtungen erreicht bei allen nichtkubischen Kristallen die Differenz zwischen dem kleinsten und dem größten Berechnungsquotienten die höchsten Werte. Man nennt den kleinsten und den größten Brechungsquotienten auch die Hauptbrechungszahlen, die Differenz ihrer Werte gibt die Größe der *Hauptdoppelbrechung* an. Um diese kennzeichnende Größe zu messen, muß das Mineral eine bestimmte Orientierung haben. Oft wird man darauf verzichten müssen, den Betrag der Hauptdoppelbrechung zu ermitteln, und sich mit dem qualitativen Nachweis der Doppelbrechung begnügen, der in folgender Weise geführt werden kann:

1. Bei der Untersuchung mit dem Refraktometer erkennt man doppelbrechende Minerale daran, daß zwei Grenzlinien der Totalreflexion auftreten, einfachbrechende Minerale ergeben hingegen nur eine Grenzlinie.

2. Bei der Untersuchung mit einem Polarisationsmikroskop erscheinen einfachbrechende Minerale zwischen gekreuzten Polarisatoren dunkel, während doppelbrechende Substanzen beim Drehen des Mikroskoptisches zumeist aufhellen. Drehen wir den Tisch um 360° , so erkennen wir vier Auslöschungen und dazwischen jeweils deutliche Aufhellungen.

Für die Untersuchung der optischen Eigenschaften der Minerale benötigen wir ein Polarisationsmikroskop und ein Refraktometer. Über die Handhabung dieser Geräte unterrichten mineralogische Fachbücher. Wer sich die erforderlichen Kenntnisse für kristalloptische Untersuchungen aneignet, kann die Bestimmung der Minerale nach äußeren Merkmalen durch polarisationsmikroskopische Bestimmungsverfahren ergänzen, wodurch sich vor allem die durchsichtigen Minerale in den meisten Fällen eindeutig bestimmen lassen.

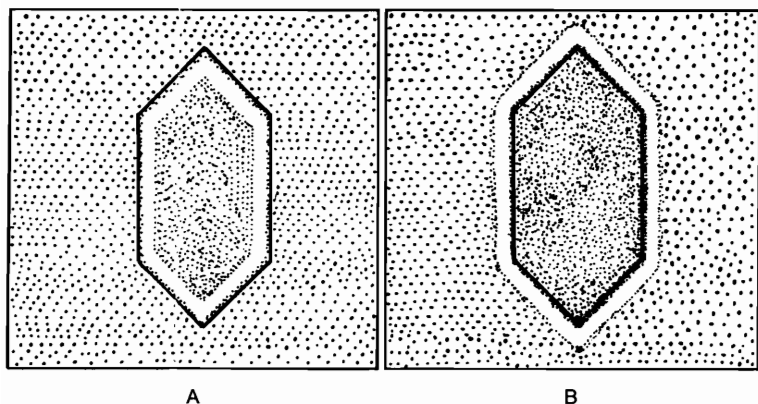
Am einfachsten gestaltet sich die Ermittlung der relativen Lichtbrechung. Hierzu benötigen wir einen Satz von Flüssigkeiten mit abgestuften Brechungsindizes, der sich durch Mischen geeigneter Flüssigkeiten herstellen läßt. Als Flüssigkeiten können z. B. benutzt werden:

Glycerin + Chinolin	1,470 bis 1,624
Bromoform + Methylenjodid	1,598 bis 1,742

Die genaue Lichtbrechung der angefertigten Mischungen muß mit einem Refraktometer bestimmt werden; wir vermerken sie auf dem Etikett der jeweiligen Flasche. Da die Lichtbrechung von der Wellenlänge abhängt, bezieht man sie in der Regel auf die Wellenlänge der Natrium-Linie D und bezeichnet diese Brechungsindizes mit n_D .

Mit Hilfe der Einbettungsmethode läßt sich sodann feststellen, ob ein Mineral eine *höhere* oder *niedrigere* Lichtbrechung aufweist als die Flüssigkeit, in die es eingebettet ist. Wenn nämlich die Lichtbrechung des Minerals und der Flüssigkeit nicht genau übereinstimmen, entsteht beim langsamen Heben des Mikroskoptubus ein heller Saum am Rande des Minerals, der nach seinem Entdecker als BECKESche Linie bezeichnet wird. Dabei wandert die helle Linie in das höher brechende Medium. Hat das Mineralkorn eine höhere Lichtbrechung als die Flüssigkeit, erscheint die Lichtlinie im Mineral. Weist in-

Abb. 27: Prinzip der Lichtbrechungsbestimmung mit der Einbettungsmethode nach BECKE. Im Fall A ist das Mineral höher lichtbrechend als die Flüssigkeit (Lichtlinie innen! in der Abbildung weiß), im Fall B niedriger lichtbrechend (Lichtlinie außen!)



dessen die Flüssigkeit eine höhere Lichtbrechung auf, dann entsteht die Lichtlinie am Rande des Minerals in der Flüssigkeit (Abb. 27).

Härte

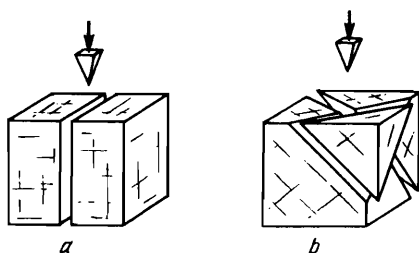
Bei der Mineralbestimmung hat sich die *Ritzhärte* als kennzeichnende Eigenschaft sehr gut bewährt. Wir verstehen darunter den Widerstand, den ein Mineral dem Ritzen entgegensetzt. Für die praktische Bestimmung ist auch heute noch die 1822 von F. MOHS aufgestellte Skala von zehn Mineralen im Gebrauch. Die einzelnen Glieder dieser Härteskala sind folgende:

MOHSSche Skala Härtegrad	Mineral	einfacher Test
1	Talk	Fingernagel ritzt bis
2	Halit oder Gips	Härte 2
3	Calcit	Kupfermünze ritzt bis Härte 3
4	Fluorit	Stahlspitze eines Taschen-
5	Apatit	messers ritzt bis Härte 6
6	Orthoklas	
7	Quarz	
8	Topas	
9	Korund	Fensterglas wird geritzt
10	Diamant	von Mineralen ab Härte 6

Wenngleich es sich bei der Bestimmung der Ritzhärte um keine physikalisch exakte Methode handelt und die Intervalle zwischen den einzelnen Gliedern zudem ungleich sind, so ist dieses Verfahren doch überaus praktisch. Es gibt zwei Möglichkeiten, die Härteprüfung durchzuführen: Wir ritzen mit einem scharfkantigen Splitter des fraglichen Minerals die einzelnen Glieder der Skala und stellen auf diese Weise seinen Härtegrad fest. Zum anderen können wir versuchen, mit einer scharfen Kante oder Ecke der Minerale unserer Härteskala eine möglichst ebene Fläche des Minerals zu ritzen, das wir bestimmen wollen. Gleich harte Minerale ritzen sich gegenseitig nicht. Ein Mineral der Härte 7 läßt sich also von Quarz nicht ritzen und ritzt Quarz auch nicht. Ritzt das fragliche Mineral Calcit (Härte 3) und wird es andererseits von Fluorit (Härte 4) geritzt, dann sagt man einfach, es habe die Härte $3\frac{1}{2}$. Da es sich nur um einen recht groben Vergleich handelt, gibt man keine genaueren Werte an, sondern begnügt sich mit der Feststellung, daß die Härte zwischen zwei Stufen der MOHSSchen Skala liegt.

Die Härte muß am Einzelkristall bestimmt werden, nicht etwa an Kristallaggregaten, die weicher oder härter als das Mineral sein können. Bei einigen Mineralen ist die Ritzhärte in verschiedenen Richtungen ungleich. Disthen, dessen Name sich von dieser Eigenschaft herleitet (griech. dis = zweifach, sthenos = Härte), hat in der Längsrichtung die Härte 5, quer zur Längsrichtung der säulig-tafeligen Kristalle dagegen die Härte 7. Solche Fälle mit extremen Härteunterschieden sind jedoch selten. Praktisch benötigen wir zur Härtebestimmung vor allem die Glieder 1 bis 8 der MOHSSchen Härteskala. Die dafür erforderlichen Minerale kann man sich leicht selbst zusammenstellen. Bereitet das Schwierigkeiten, dann behelfen wir uns fürs erste mit dem Fingernagel (bis Härte 2), einer Kupfermünze (Härte 3), einem Stück Fensterglas (Härte 5) und einem Taschenmesser (Härte 6).

Abb. 28: Die Spaltbarkeit
des Halits (a)
und des Fluorits (b)



Spaltbarkeit und Bruch

Wer sich erstmalig mit Mineralen befaßt, wird über das Resultat des folgenden Versuchs erstaunt sein.

Mit einem spitzen Gegenstand drücken wir kräftig auf einen Halitwürfel. Plötzlich spaltet der Würfel, und es entstehen zwei Spaltstücke mit spiegelnden Flächen. Wenn wir den Versuch wiederholen, ergeben sich immer wieder neue, spiegelnde Spaltflächen, die den ursprünglichen Würfelflächen des Kristalls parallel gehen. Nun führen wir das gleiche Experiment mit Fluorit durch und beobachten, daß der würfelförmige Kristall eine ganz andere Spaltrichtung zeigt. Bei diesem Mineral platzen die Ecken ab, und zuletzt entsteht ein von acht spiegelglatten Flächen begrenzter Spaltkörper, ein Oktaeder. Wir sagen, der Halit spaltet nach dem Würfel, während Fluorit nach dem Oktaeder spaltet (Abb. 28).

Die Spaltbarkeit ist eine Eigenschaft, die erhalten bleibt, auch wenn wir den oben beschriebenen Versuch beliebig oft wiederholen: Es werden dann immer kleinere Steinsalzwürfel erzeugt. Viele Minerale spalten nach mehreren Richtungen. Calcit liefert unabhängig von der äußeren Gestalt, in der er auftritt, rhomboederförmige Spaltkörper.

Von den Glimmern lassen sich hauchdünne Plättchen abspalten. Obgleich die Spaltbarkeit nicht an Risse im Mineral gebunden ist, sondern allein von der Gitterstruktur abhängt, deutet sie sich nicht selten durch feine, parallele Risse an. Solche Risse sind bei einer natürlichen mechanischen Beanspruchung entlang den Gitterebenen, die sich leichter voneinander ablösen, entstanden.

Wenn wir feststellen, daß ein Mineral spaltet, dann müssen wir versuchen, die Spaltrichtung bzw. -richtungen auf kristallographische Elemente zu beziehen. Wir werden beim Topas finden, daß er senkrecht zur c-Achse oder, anders ausgedrückt, in der Ebene (001) spaltet. Beim Halit sind die sechs Richtungen – sie entsprechen den Würfelflächen – gleichwertig. Das ist auch der Grund, weshalb Halit nach allen Flächen hin gleich gut spaltet. Für Minerale mit niedriger Symmetrie trifft das nicht zu. Zum Beispiel spaltet monokliner Gips in drei Richtungen verschieden gut.

Die Spaltbarkeit ist eine derart auffallende Eigenart, daß eine ganze Reihe von Mineralen als „Spate“ (abgeleitet von spalten) bekannt sind: Feldspat, Flußspat, Schwerspat, Kalkspat, Eisenspat u. a. m. Bei einem Feldspat hat man rechtwinklige Spaltbarkeit beobachtet. Er wurde aus diesem Grund *Orthoklas* (griech. orthos = gerade, klasis = Spaltung; der Spaltwinkel beträgt 90°) genannt im Gegensatz zum *Plagioklas* (griech. plagios = schief), einem anderen Feldspat. Für die praktische Mineralbestimmung hat man die folgende Spaltbarkeitsskala aufgestellt:

Bezeichnung	Spalteigenschaft	Beispiele
Sehr vollkommen	Feinste Blättchen lassen sich abspalten	Glimmer, Gips
Vollkommen	Beim Zerschlagen erhält man immer Spaltkörper	Calcit, Galenit
Gut	Auf Bruchstücken lassen sich sowohl Spalt- als auch unebene Bruchflächen beobachten	Feldspate, Hornblenden
Deutlich	Auf Bruchflächen sind untergeordnet ebene Spaltablösungen vorhanden	Cassiterit, Apatit
Undeutlich	Neben unregelmäßigen Bruchflächen sind nur <i>ausnahmsweise</i> glatte Flächen aufzufinden	Magnetit, Korund

Werden Minerale, die nicht spaltbar sind, mechanisch beansprucht, so entstehen *Bruchflächen*, also unebene und von der Atomanordnung völlig unabhängige Flächen. Solche Bruchflächen sollte man genau betrachten, denn auch deren Beschaffenheit ist ein Anhaltspunkt für die Bestimmung der Minerale. Wir unterscheiden *hakige*, *splittrige*, *unebene* und *muschelige* Bruchflächen. Hakigen Bruch zeigen vor allem einige natürlich vorkommende Metalle, wie Silber, Gold, Kupfer und Platin. Muschelähnliche Bruchflächen beobachten wir vorwiegend bei amorphen Mineralen und bei dichten Aggregaten (Abb. 29, S. 21). Je nach der Art des Gefüges können Mineralaggregate auch *körnige*, *schalige*, *stengelige*, *faserige* oder *erdige* Bruchflächen aufweisen.

Dichte

Die in der Volumeneinheit enthaltene Masse eines Körpers bezeichnen wir als Dichte. Die Volumeneinheit ist ein Kubikzentimeter = cm^3 , und die Masse drücken wir in Gramm = g aus. Die Dichte ist demnach der Quotient aus Masse und Volumen eines Stoffes:

$$D = \frac{m}{V} \text{ (g/cm}^3\text{)}.$$

Die Dichte der Minerale hängt von der Masse der Atome, die ein Mineral aufbauen, aber auch von der Packungsdichte dieser Atome ab. Bereits zuvor haben wir erwähnt, daß manche Elemente oder chemische Verbindungen verschiedene Gitter aufbauen können. Solche Modifikationen (lat. *modificatio* = abgewandelte Form) haben auf Grund der andersartigen Atomanordnung auch unterschiedliche Dichten. Am Beispiel der Minerale mit der chemischen Formel SiO_2 haben wir auf Seite 32 auf diese Tatsache hingewiesen. Beim *Quarz* wird ein Siliziumatom von vier Sauerstoffatomen umgeben, deren Schwerpunkte in den Ecken eines Tetraeders liegen. Diese tetraedrische Verknüpfung der Atome bedingt die Dichte $2,654 \text{ g/cm}^3$. Eine engere Atompackung hat der bei viel höheren Drücken entstehende Stishovit, in dessen Gitter ein Siliziumteilchen von sechs Sauerstoffkugeln oktaedrisch umgeben ist. Seine Dichte ist demzufolge größer und beträgt $4,28 \text{ g/cm}^3$.

Die Dichte ist eine wichtige physikalische Konstante. Um sie zu bestimmen, benötigen wir einige einfache Instrumente, vor allem eine genaue Waage.

Auch können wir dieses Merkmal nicht, wie die bisher behandelten, im Gelände ermitteln. Da es aber in allen Schulen die für eine Dichtebestimmung nötigen Geräte und anderes Zubehör geben wird, sollen einige Verfahren erläutert werden.

Die Dichte der Minerale schwankt zwischen 1 und 20 g/cm³. Bei Proben, die aus einem einzigen Mineral bestehen oder die nur wenig verunreinigt sind, können wir gefühlsmäßig zwischen leicht, normal und schwer unterscheiden. Als normal empfinden wir Proben mit einer Dichte zwischen 2 und 4 g/cm³. Das erklärt sich daraus, daß viele Stoffe, die uns im täglichen Leben umgeben, solche Dichtewerte aufweisen. Als leicht beurteilen wir Minerale, deren Dichte kleiner als 2 g/cm³ ist, und schwer erscheinen uns andererseits solche mit einer Dichte größer als 4 g/cm³. Besonders bei nicht-metallischen Proben, wie bei dem spätigen *Baryt* (griech. barys = schwer) oder Schwerspat mit der Dichte 4,5 g/cm³, trägt die unerwartet hohe Dichte der Proben zur richtigen Bestimmung bei. Die Dichte gefühlsmäßig zu beurteilen ist eine grobe und nicht immer zuverlässige Methode. Diesem Verfahren sind physikalische Dichtebestimmungen vorzuziehen. Wenn eine reine und genügend große Mineralprobe vorliegt, ermitteln wir ihre Masse mit einer *Standwaage*. Dann tauchen wir die Probe in einem *Meßzylinder* in Wasser unter und bestimmen das verdrängte Wasservolumen, das dem Volumen des Körpers entspricht. Das Volumen kann auch bestimmt werden, indem wir den Körper in ein *Überlaufgefäß* tauchen und das verdrängte Wasser in einem Meßzylinder auffangen und messen. Die so erhaltenen Werte für die Masse und das Volumen setzen wir in die Formel für die Dichtebestimmung ein und erhalten durch einfache Berechnung den gesuchten Wert. Wird die Dichte nach dem Verfahren der Flüssigkeitsverdrängung bestimmt, dann soll die Probe mindestens 100 cm³ groß sein. Solche großen Stücke eines Minerals stehen uns meist nicht zur Verfügung, so daß wir uns anderer Methoden bedienen müssen.

Beim Auftriebsverfahren wird die Mineralprobe, die ein Volumen von mindestens 50 cm³ aufweisen soll, zweimal gewogen. Zuerst wiegt man das Mineral in Luft und erhält dadurch die Masse in Luft = m_L . Dann wird die Probe vollständig in Wasser eingetaucht und erneut gewogen; die jetzt durch den Auftrieb verringerte Masse ist die Masse in Wasser = m_W . Der Betrag $m_L - m_W$ ist dem Volumen des Minerals zahlenmäßig gleich, so daß sich die Dichte nach der Formel:

$$D = \frac{m_L}{m_L - m_W}$$

errechnet.

Praktisch verwendet man für das Auftriebsverfahren entweder die *hydrostatische Waage* oder die *Federwaage* nach JOLLY. Bei der hydrostatischen Waage befindet sich über der einen Waagschale ein Gehänge. Das Mineral, dessen Dichte man bestimmen will, wird zuerst auf der Waagschale gewogen. Vor dem zweiten Wiegen befestigt man es an dem Gehänge und bringt es unter Wasser.

Beispiel: Eine Mineralprobe wiegt in Luft $m_L = 58,90$ g. Die zweite Wägung, bei der sich das Stück unter Wasser befindet, ergibt eine Masse $m_W = 31,61$ g. Daraus errechnet sich die Dichte

$$D = \frac{58,90}{58,90 - 31,61} = \frac{58,90}{27,29} = \underline{2,16 \text{ g/cm}^3}.$$

Stehen uns für die Dichtebestimmung nur geringe Probemengen zur Verfügung, dann müssen wir ein *Pyknometer* und eine *Analysenwaage* benutzen. Das Pyknometer ist ein kleines, mit einem durchbohrten Stopfen verschließbares Glasgefäß. Drei Wägungen sind erforderlich:

1. Masse des Minerals = m_{Min}
2. Masse des mit Wasser gefüllten Pyknometers = P_{W} und
3. Masse des Pyknometers, in dem sich das Mineral befindet und das mit Wasser aufgefüllt ist = $P_{\text{m+w}}$.

Die Formel für die Dichtebestimmung mit dem Pyknometer lautet:

$$D = \frac{m_{\text{Min}}}{P_{\text{W}} + m_{\text{Min}} - P_{\text{m+w}}}.$$

Beispiel:

Durch drei Wägungen wurden ermittelt: $m_{\text{Min}} = 3,05 \text{ g}$

$P_{\text{W}} = 76,54 \text{ g}$

$P_{\text{m+w}} = 79,25 \text{ g}$

Als Dichte ergibt sich:

$$D = \frac{3,05}{76,54 + 3,05 - 79,25} = \frac{3,05}{0,34} = \underline{8,97 \text{ g/cm}^3}.$$

Ein weiteres Verfahren, bei dem ebenfalls sehr geringe Probemengen ausreichen, ist die *Schwebemethode*. Für die Durchführung benötigen wir eine MOHRsche Waage und verschiedene mischbare Flüssigkeiten, von denen jeweils eine schwerer, die andere leichter als das Mineral sein muß, dessen Dichte wir ermitteln wollen.

Hierfür eignen sich:

Dichteflüssigkeit (Dichte)	zu verdünnen mit
Bromoform (2,9)	Benzol oder Toluol
Kaliumquecksilberjodid (THOULETSche Lösung $D = 3,2$)	destilliertem Wasser
Methylenjodid (3,33)	Benzol
CLERICISChe Lösung (4,1)	destilliertem Wasser

CLERICISChe Lösung ist sehr teuer und außerdem giftig, so daß sie nur vom Fachmineralogen verwendet werden sollte. Minerale, deren Dichte höher als die der genannten Flüssigkeiten ist, können natürlich nicht zum Schweben gebracht werden.

Die praktische Bestimmung geht folgendermaßen vor sich:

In eine Flüssigkeit mit größerer Dichte, als sie das Mineral aufweist, bringt man einen kleinen Splitter. Dieses Mineralteilchen schwimmt auf der Flüssigkeitsoberfläche. Nun verdünnt man die Flüssigkeit langsam – sie muß währenddessen ständig gut durchmischt werden – bis der Mineralsplitter darin schwebt. Die Flüssigkeit hat dann die gleiche Dichte wie der in ihr schwebende Körper. Mit der MOHRschen Waage wird anschließend die Dichte des Flüssigkeitsgemisches bestimmt (Abb. 30).

Zu diesem Zweck füllt man die Flüssigkeit in einen Glaszylinder. Zur Waage gehören ein Senkkörper und ein Satz Reiter (Gewichte), deren Massen sich

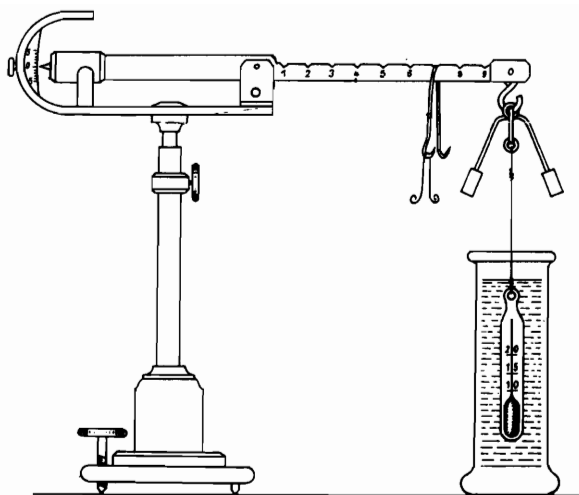


Abb. 30: Dichtebestimmung mit der MOHRschen Waage

wie 3 : 2 : 1 : 0,1 : 0,01 verhalten. Im Haken am Ende des Waagebalkens gleicht der drittgrößte Reiter den Auftrieb aus, wenn sich der Senkkörper in Wasser befindet. Das entspricht der Dichte 1. Da die Flüssigkeiten, in denen Mineralsplitter zum Schweben gebracht werden, eine höhere Dichte aufweisen, wird der Senkkörper in ihnen zunächst nach oben steigen. Zum Ausgleich des Auftriebs müssen wir nun die Gewichte so in die Kerben einhängen, daß die am linken Ende des Waagebalkens angebrachte Spitze auf die Nullmarke der gegenüber befindlichen Skala zeigt. Die Teilstriche des Balkens, auf denen die Reiter sitzen, geben die Dezimalen an. Hängt z. B. der drittschwerste Reiter in der Kerbe 7, dann bedeutet das 0,7. Auf der Abbildung 30 ist der schwerste Reiter am Haken befestigt; der dritt- und viertschwerste belasten beide den Waagebalken auf Kerbe 7. Die Dichte der Flüssigkeit beträgt also $3,77 \text{ g/cm}^3$. Wer genaue Dichtebestimmungen vornehmen will, sollte, um Fehler weitgehend auszuschalten, in einem Physik-lehrbuch darüber nachlesen.

Lumineszenz

Unter dem Begriff Lumineszenz fassen wir alle Leuchterscheinungen zusammen, die nicht durch starkes Erhitzen verursacht werden. Solche Erscheinungen treten mitunter beim Zerreiben von Mineralen oder beim Erwärmen unterhalb der Glühtemperatur auf. Wird das Leuchten von ultravioletten Strahlen hervorgerufen, dann sprechen wir von *Fluoreszenz*. In diesem Fall sendet ein Mineral, wenn es mit kurzwelligem (etwa $2530 \text{ \AA}$) oder langwelligem (etwa $3650 \text{ \AA}$) unsichtbarem Licht bestrahlt wird, sichtbares Licht aus, so daß es rot, orange, gelb, grün, blau oder violett leuchtet. Von etwa 200 Mineralen wissen wir, daß sie fluoreszieren können. Als Ursache gelten geringe Beimengungen von Fremdbestandteilen. Calcit fluoresziert z. B., wenn ihm 1 bis 5% Mangan beigemischt sind. Einige wirtschaftlich wichtige Minerale, wie Scheelit CaWO_4 als Wolframerz und zahlreiche Uranverbindungen, fluoreszieren in charakteristischer Weise. Bei der Suche nach solchen Erzen

bedient sich der Fachmann tragbarer Ultraviolettampen. Notfalls genügt eine Höhensonne, deren sichtbarer Wellenlängenbereich von einem Violettglas abgefangen wird. Das farbige Leuchten ist so eindrucksvoll, daß manche Sammler geeignete Stufen in besonderen, mit UV-Licht bestrahlten Vitrinen ausstellen. Da es nur wenige Minerale gibt, die stets fluoreszieren, und außerdem einige davon verschiedene Fluoreszenzfarben aufweisen können, ist eine eindeutige Mineralbestimmung allein auf dieser Grundlage nicht möglich. Wer jedoch eine Ultraviolettampe bzw. Analysenlampe zur Verfügung hat, sollte nicht darauf verzichten, diese reizvollen Leuchteffekte zu untersuchen. Einige häufig fluoreszierende Minerale sind, gegliedert nach ihren Leuchtfarben, in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Häufig fluoreszierende Minerale

Mineralname	Farbe	Härte
Fluoreszenzfarbe ROT		
Kalomel	rötlich	1-2
Halit	rot bis rosa	2
Calcit	rot, rosa, orangerot	3
Dolomit	rosa, orangerot	3½-4
Aragonit	rot, rosa	3-4
Wollastonit	rosa, orangerot	4½-5
Grammatit	rosa	5-6
Rhodonit	tiefrot	5½-6
Nephelin	orangerot	5½-6
Spinell	rot bis rosa	7½-8
Fluoreszenzfarbe ORANGE		
Calcit	orange	3
Aragonit	orange	3-4
Wollastonit	rotorange	4½-5
(Mangan-) Epidot	gelborange	4½-5
Pektolith	orange	5
Wernerit	gelborange	5-6
Sodalith	orange, gelborange	5½-6
Zirkon	orange, gelborange	7½
Fluoreszenzfarbe GELB		
Autunit	grüngelb	2-2½
Uranotil	zitronengelb	2-3
Serpentin	gelb, weißgelb	2-5
Phosgenit	gelb, orangegelb	3
Anglesit	gelb, weißgelb	3
Cerussit	gelbweiß	3-3½
Powellit	gelb, goldgelb	3½-4
Scheelit	weiß- bis grüngelb	4½-5
Wollastonit	gelb, gelblich	4½-5
Hemimorphit	gelb, gelblich	4½-5
(Mangan-) Epidot	orangegelb	5
(Chlor-) Apatit	gelb	5
Sodalith	gelb, gelborange	5-6
Opal	gelblich, grüngelb	5-6
Quarz	gelblich, gelb	7
Zirkon	goldgelb, orangegelb	7½

Mineralname	Farbe	Härte
Fluoreszenzfarbe GRÜN		
Autunit	intensiv gelbgrün	2–2½
Uranocircit	intensiv gelbgrün	2–2½
Hydrozinkit	weißgrün	2½
Uranotil (= Uranophan)	schwachgrün	2–3
Stolzit	weißgrün	3
Fluorit	grünlich, gelbgrün	4
Chabasit	tiefgrün	4–5
Willemmit	grün	5½
Opal	grün, gelbgrün	5–6
Hyalit	grün	5–6
Achat	grün	7
Quarz	grün	7
Fluoreszenzfarbe BLAU (VIOLETT)		
Hydrozinkit	weißblau	2–2½
Witherit	blau	3½–4
Fluorit	weißblau	4
Scheelit	weißblau, blau	4½–5
Benitoit	himmelblau	6½
Diamant	blau	10
Fluoreszenzfarbe WEISS		
Ulexit	weiß	1
Sepiolith (Meerscham)	blauweiß	2–2½
Hydrozinkit	blauweiß	2–2½
Stolzit	grün-, grauweiß	3
Calcit	weiß, gelbweiß	3
Powellit	gelbweiß	3½–4
Aragonit	gelbweiß, weiß	3½–4
Witherit	gelbweiß, weiß	3½–4
Fluorit	blauweiß	4
Colemanit	weiß, gelbweiß	4–4½
Wollastonit	gelbweiß	4½–5
Scheelit	gelbweiß, weiß	4½–5
Grammatit	weißlich	5–6

Andere physikalische Eigenschaften

Eine Reihe weiterer physikalischer Eigenschaften der Minerale, wie *Licht- und Doppelbrechung*, aber auch das *thermische und elektrische Verhalten*, scheiden für die Bestimmung nach *äußeren* Kennzeichen aus.

Viele Minerale, vorwiegend eisenhaltige, werden vom Magneten angezogen oder beeinflussen eine Magnetnadel. Magneteisen und Magnetkies wirken sogar selbst wie ein Magnet, denn sie ziehen kleine Eisengegenstände an, die an ihnen haftenbleiben.

Die *Schmelzbarkeit* werden wir in Verbindung mit dem Lötrohrverfahren im folgenden Abschnitt besprechen. Schließlich soll auf die *Tenazität* (lat. tenacitas = Festhalten, tenax = fest oder zusammenhaltend) hingewiesen werden, worunter wir das Verhalten beim Ritzen oder Zerschlagen zu verstehen haben. Dabei können wir zwischen spröde, dehnbar, biegsam usw. unterscheiden.

CHEMISCHE ZUSAMMENSETZUNG DER MINERALE

Atombau und chemische Elemente

Im zweiten Abschnitt wurde auf Seite 28 beschrieben, wie sich das Mineralgitter aus Atomen bzw. Ionen zusammensetzt. Die Atome sind mit chemischen Mitteln nicht zerlegbar. Wir sprechen aus diesem Grunde auch von chemischen Elementen oder Grundstoffen. Die gesamte Materie baut sich aus diesen Elementen oder aus Verbindungen mehrerer Elemente auf. Die Wissenschaft kennt etwa 105 solcher Grundstoffe, von denen aber nur 92 in der Natur vorkommen. Jedes Element ist durch die Anzahl seiner Protonen gekennzeichnet, die als *Ordnungszahl* eingeführt wurde. Die Elemente hat man mit lateinischen Namen benannt; der erste bzw. der erste und ein zweiter Buchstabe dieses lateinischen Namens bilden das chemische Zeichen oder Symbol.

Den einfachsten Atombau hat der Wasserstoff, das Element mit der Ordnungszahl 1 und dem Symbol H (= Hydrogenium). Der aus einem Proton bestehende Kern wird von einem Elektron umkreist. Mit jedem weiteren Proton steigt die Ordnungszahl um 1, und wir erhalten ein neues Element. Helium = He (griech. helios = Sonne) besitzt in seinem Kern zwei Protonen. Diesen Kern umkreisen zwei Elektronen im gleichen Abstand. Die größte Anzahl von Protonen und somit die höchste Ordnungszahl hat in der Natur das Element Uran = U. In seinem Kern befinden sich neben 92 Protonen in der Regel noch 146 Neutronen. Diesen Kern umkreisen 92 Elektronen, die sich auf verschiedenen Energieniveaus bewegen.

Zu einem Element können mehrere Atomarten gehören. Sie weisen alle die gleiche Anzahl von Protonen und Elektronen auf, unterscheiden sich aber durch die Anzahl der Neutronen und durch ihr Gewicht voneinander und heißen *Isotope*. Ihr Name (griech. isos = gleich, topos = Platz) bezieht sich darauf, daß sie im Periodensystem der Elemente den gleichen Platz haben. Vom Wasserstoff, dem Element mit der Ordnungszahl = Kernladungszahl 1, sind uns drei Isotope bekannt. Das vorherrschende Isotop ist der Wasserstoff im engeren Sinne, dessen Atomkern nur ein Proton enthält. Im Jahre 1932 entdeckten amerikanische Forscher den schweren Wasserstoff, auch Deuterium genannt. Sein Kern besteht aus einem Proton und einem Neutron. Im gewöhnlichen Wasser ist Deuterium zu 0,015% vorhanden. Das ist etwa ein Tropfen in einem Liter Wasser. Ein drittes Isotop des Wasserstoffs, das Tritium, führt in seinem Kern neben einem Proton zwei Neutronen. Es ist äußerst selten und kommt nur in Spuren in der Atmosphäre vor. Viele natürliche Elemente setzen sich aus mehreren Isotopen zusammen. Chlor z. B. besteht aus den beiden Isotopen 35 und 37, deren gegenseitiges Mengenverhältnis, unabhängig vom jeweiligen Vorkommen, 75,4 : 24,6 beträgt. Diese Tatsache erklärt auch das ungerade Atomgewicht von 35,457. Zinn ist ein Gemisch aus zehn Isotopen.

Das Gewicht eines Atoms wird im wesentlichen von der Anzahl der in seinem Kern enthaltenen Protonen und Neutronen bestimmt. Für chemische Berechnungen genügt es, wenn wir das *relative* Gewicht, bezogen auf das Gewicht des Kohlenstoffatoms = 12, kennen. Die Atomgewichte sind neben dem Namen, der Ordnungszahl und dem Symbol der Elemente in der Tabelle (S. 67) verzeichnet. Das absolute Gewicht eines Atoms in Gramm erhält

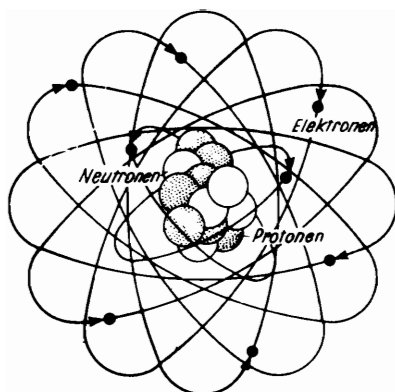
Die natürlichen chemischen Elemente und ihre Atomgewichte (alphabetisch geordnet nach dem chemischen Symbol)

Symbol	Element (Ordnungszahl)	Atom- gewicht	Symbol	Element (Ordnungszahl)	Atom- gewicht
Ac	Aktinium (89)	227,0	N	Stickstoff (7)	14,0
Ag	Silber (47)	107,9	Na	Natrium (11)	23,0
Al	Aluminium (13)	27,0	Nb	Niob (41)	92,9
Ar	Argon (18)	40,0	Nd	Neodym (60)	144,2
As	Arsen (33)	74,9	Ne	Neon (10)	20,2
At	Astatin (85)	210,0	Ni	Nickel (28)	58,7
Au	Gold (79)	197,0	O	Sauerstoff (8)	16,0
B	Bor (5)	10,8	Os	Osmium (76)	190,2
Ba	Barium (56)	137,3	P	Phosphor (15)	31,0
Be	Beryllium (4)	9,0	Pa	Protaktinium (91)	231,0
Bi	Wismut (83)	209,0	Pb	Blei (82)	207,2
Br	Brom (35)	79,9	Pd	Palladium (46)	106,4
C	Kohlenstoff (6)	12,0	Pm	Promethium (61)	145,0
Ca	Kalzium (20)	40,1	Po	Polonium (84)	208,0
Cd	Kadmium (48)	112,4	Pr	Praseodym (59)	140,9
Ce	Zer (58)	140,1	Pt	Platin (78)	195,1
Cl	Chlor (17)	35,5	Ra	Radium (88)	226,1
Co	Kobalt (27)	58,9	Rb	Rubidium (37)	85,5
Cr	Chrom (24)	52,0	Re	Rhenium (75)	186,2
Cs	Zäsium (55)	132,9	Rh	Rhodium (45)	102,9
Cu	Kupfer (29)	63,5	Rn	Radon (86)	222,0
Dy	Dysprosium (66)	162,5	Ru	Ruthenium (44)	101,1
Er	Erbium (68)	167,3	S	Schwefel (16)	32,1
Eu	Europium (63)	152,0	Sb	Antimon (51)	121,8
F	Fluor (9)	19,0	Sc	Scandium (21)	45,0
Fe	Eisen (26)	55,9	Se	Selen (34)	79,0
Fr	Francium (87)	223,0	Si	Silizium (14)	28,1
Ga	Gallium (31)	69,7	Sm	Samarium (62)	150,4
Gd	Gadolinium (64)	157,3	Sn	Zinn (50)	118,7
Ge	Germanium (32)	72,6	Sr	Strontium (38)	87,6
H	Wasserstoff (1)	1,0	Ta	Tantal (73)	181,0
He	Helium (2)	4,0	Tb	Terbium (65)	158,9
Hf	Hafnium (72)	178,5	Te	Tellur (52)	127,6
Hg	Quecksilber (80)	200,6	Th	Thorium (90)	232,0
Ho	Holmium (67)	164,9	Ti	Titan (22)	47,9
In	Indium (49)	114,8	Tl	Thallium (81)	204,4
Ir	Iridium (77)	192,2	Tm	Thulium (69)	168,9
J	Jod (53)	126,9	U	Uran (92)	238,0
K	Kalium (19)	39,1	V	Vanadium (23)	50,9
Kr	Krypton (36)	83,8	W	Wolfram (74)	183,9
La	Lanthan (57)	138,9	Xe	Xenon (54)	131,3
Li	Lithium (3)	6,9	Y	Yttrium (39)	88,9
Lu	Lutetium (71)	175,0	Yb	Ytterbium (70)	173,0
Mg	Magnesium (12)	24,3	Zn	Zink (30)	65,4
Mn	Mangan (25)	54,9	Zr	Zirkonium (40)	91,2
Mo	Molybdän (42)	95,9			

man durch Multiplikation des relativen Atomgewichts mit 1,65 Quadrillionstel ($1,65 \cdot 10^{-24}$). Einige Rechenbeispiele werden später gegeben.

Nach dem BOHRschen Atommodell bewegen sich die Elektronen mit sehr großer Geschwindigkeit auf bestimmten Energieniveaus, den sogenannten *Elek-*

Abb. 31: Der Bau der Atome nach dem BOHRschen Modell



tronenschalen (Abb. 31). Jede dieser Schalen, die von innen nach außen mit den Buchstaben K, L, M, N, O, P und Q bezeichnet werden, kann nur eine begrenzte Zahl von Elektronen aufnehmen. Die Zahl der jeweils vorhandenen Schalen ist durch die Anzahl der einen Kern umkreisenden Elektronen bedingt. Beim Wasserstoff = H mit einem Elektron ist nur die innerste oder K-Schale ausgebildet. Da die K-Schale im Höchsthalle 2 Elektronen aufnimmt, ist sie bereits bei dem Element der Ordnungszahl 2 = Helium voll besetzt. Das Element mit der Ordnungszahl (= Protonen- und Elektronenzahl) 3 muß sein drittes Elektron auf einer zweiten Schale, der L-Schale, unterbringen. Diese Schale ist mit 8 Elektronen gesättigt. Die möglichen Elektronenzahlen der einzelnen Schalen sind in der folgenden Tabelle zusammengefaßt.

Besetzung der Elektronenschalen

Schale	Höchstzahl der Elektronen	
K	2	Höchstzahl der in der äußeren Schale möglichen Elektronen = $2n^2$ (n = Anzahl der Schalen)
L	8	
M	18	
N	32	
O	32	
P	9	
Q	2	

Von der Beschaffenheit der „Elektronenhülle“ hängt das chemische Verhalten eines Elements ab. Elemente, deren äußere Schale mit Elektronen gefüllt ist, sind sehr stabil. Die Edelgase Helium, Neon, Argon, Krypton, Xenon und Radon haben solche Außenhüllen, und man spricht von einer „Edelgaskonfiguration“. Die anderen Grundstoffe, deren äußere Schalen nur unvollständig mit Elektronen besetzt sind, haben das Bestreben, ebensolche stabile Hüllen zu bilden. Sie gehen Verbindungen miteinander ein und geben dabei im einfachsten Fall Elektronen ab oder nehmen Elektronen auf. Am Beispiel der Verbindung der beiden Elemente Natrium und Chlor, dem Halit = NaCl, läßt sich das leicht und anschaulich erklären. Das Element Natrium = Na hat die Ordnungszahl 11, und es besitzt demzufolge auch

11 Elektronen, die sich auf die K-, L- und M-Schale verteilen. Die beiden ersten Schalen, die K- und L-Schale, sind mit 2 bzw. 8 Elektronen gesättigt, während sich auf der äußeren oder M-Schale nur ein einziges Elektron bewegt. Das Element Chlor andererseits besitzt die Ordnungszahl 17 und somit 17 Elektronen. Diese verteilen sich so, daß 2 auf der K-Schale, 8 auf der L-Schale und die restlichen 7 auf der M-Schale kreisen. Wenn nun das Natrium sein Elektron aus der M-Schale abgibt und das Chlor ein zusätzliches Elektron in die M-Schale aufnimmt, erhalten die beiden Elemente eine günstige Elektronenbesetzung. Somit liegt es nahe, daß diese Grundstoffe sich verbinden. Zwar kann die M-Schale maximal 18 Elektronen aufweisen, aus energetischen Gründen wird das jedoch erst möglich, wenn eine bestimmte Elektronenbahn der nächsten Schale aufgebaut ist. Mit 8 Elektronen, wie sie das Edelgas Argon besitzt, ist die M-Schale vorerst abgesättigt. Natrium ist ein metallisches Element, und Chlor befindet sich als Element gewöhnlich in gasförmigem Zustand. Ganz andere Eigenschaften hat das uns allen bekannte Steinsalz als Verbindung dieser beiden Stoffe. Wir ersehen daraus, daß die chemischen Verbindungen völlig andere Merkmale als ihre Bestandteile aufweisen.

Wenn ein Atom in einer wäßrigen Lösung oder einer Schmelze Elektronen aufnimmt oder abgibt, muß es seinen elektroneutralen Charakter verlieren. Aus dem Atom wird ein *Ion*, wie wir die elektrisch negativ oder positiv geladenen Bauteilchen der chemischen Verbindungen nennen. Durch Elektronenaufnahme erhalten wir ein negativ geladenes Gebilde, das *Anion*. Elektronenabgabe hat eine positive Überschußladung des Atomkerns zur Folge, wir sprechen dann vom *Kation*. Da manche Atomarten nicht nur ein, sondern mehrere Elektronen abzugeben bzw. aufzunehmen vermögen, wurde der Begriff der Wertigkeit eingeführt. Im Halit sind beide Ionen einwertig: Das Natrium Na wurde zum einwertig positiven Natrium-Ion $= \text{Na}^+$, das Chlor Cl zum Chlor-Anion Cl^- mit einer negativen Wertigkeit. Die Elemente verbinden sich meist so, daß von den verschiedenen Atomarten ebenso viele Elektronen abgegeben wie aufgenommen werden.

Außer dieser Ionenbindung gibt es noch andere Bindungszustände, auf die wir jedoch nicht näher eingehen können. Erwähnt werden soll nur die Atombindung, die bei solchen Kristallen eine Rolle spielt, welche sich nur aus gleichartigen Elementen zusammensetzen. Hierbei vereinigen sich die Atome in der Weise, daß die Elektronen gemeinsam die Kerne umlaufen. Eine solche gegenseitige Verflechtung von Elektronenhüllen kennen wir zum Beispiel beim Diamanten, dessen Gitter sich ausschließlich aus Kohlenstoffatomen aufbaut.

Einige Chemiker haben versucht, die Grundstoffe zu ordnen. Diese Bemühungen fanden durch die Aufstellung des Periodensystems der Elemente im Jahr 1868 durch den russischen Gelehrten MENDELEEV und unabhängig davon durch LOTHAR MEYER einen Abschluß. Allerdings sah das Periodensystem, als es von MENDELEEV veröffentlicht wurde, noch etwas anders aus als in der heute üblichen Darstellung. Vor allem fehlten ihm mehrere Elemente, die erst in der darauffolgenden Zeit entdeckt wurden. MENDELEEV konnte aber auf Grund der Beziehungen, die in der periodischen Anordnung nach steigender Kernladungszahl zum Ausdruck kommen, die Eigenschaften damals noch unbekannter Elemente vorausbestimmen. Ein solches Element wurde von CLEMENS WINKLER, der als Professor für Chemie an der Bergakademie Freiberg wirkte, 1886 als Bestandteil eines Minerals nachgewiesen und Germanium genannt. Es war als „Eka-Silizium“ vorausgesagt worden, und seine Eigenschaften entsprachen den angekündigten

Periodensystem der Elemente

Gruppen		I	II	III	IV	V
Perioden						
äußere Elektronen befinden sich in der: K-Schale	1	1. H Wasserstoff 1,0080				
L-Schale	2	3. Li Lithium 6,939	4. Be Beryllium 9,012	5. B Bor 10,811	6. C Kohlenstoff 12,011	7. N Stickstoff 14,007
M-Schale	3	11. Na Natrium 22,990	12. Mg Magnesium 24,312	13. Al Aluminium 26,982	14. Si Silizium 28,086	15. P Phosphor 30,974
N-Schale	4	19. K Kalium 39,102	20. Ca Kalzium 40,08	21. Sc Scandium 44,956	22. Ti Titan 47,90	23. V Vanadium 50,942
		29. Cu Kupfer 63,54	30. Zn Zink 65,37	31. Ga Gallium 69,72	32. Ge Germanium 72,59	33. As Arsen 74,922
O-Schale	5	37. Rb Rubidium 85,47	38. Sr Strontium 87,62	39. Y Yttrium 88,905	40. Zr Zirkonium 91,22	41. Nb Niob 92,906
		47. Ag Silber 107,870	48. Cd Kadmium 112,40	49. In Indium 114,82	50. Sn Zinn 118,69	51. Sb Antimon 121,75
P-Schale	6	55. Cs Zäsium 132,905	56. Ba Barium 137,34	57. La ¹⁾ Lanthan 138,91	72. Hf Hafnium 178,49	73. Ta Tantal 180,948
		79. Au Gold 196,967	80. Hg Quecksilber 200,59	81. Tl Thallium 204,37	82. Pb Blei 207,19	83. Bi Wismut 208,980
Q-Schale	7	87. Fr Francium 223	88. Ra Radium 226,05	89. Ac Aktinium 227	90. Th Thorium 232,038	91. Pa Protaktini- 231 [um

¹⁾ Die Elemente 58 bis 71 bilden die seltenen Erden (Lanthanide)

Merkmale. Mit der Entdeckung des Germaniums wurde gleichzeitig das Periodensystem in überzeugender Weise bestätigt.

Nach unseren modernen Vorstellungen spiegelt sich im Periodensystem der Elemente der Atombau wider. Bei der Ordnung der Elemente nach steigendem Atomgewicht stellte sich heraus, daß Grundstoffe, die ein ähnliches chemisches Verhalten aufweisen, jeweils 8 bzw. 18 oder 32 Stellen voneinander entfernt sind. Der Chemiker spricht vom Gesetz der Periodizität. Er bezeichnet eine Folge von Elementen als *Periode*, wenn anschließend wieder ein Element erscheint, das dem ersten weitgehend ähnelt. Wir wissen heute, daß die Horizontalreihen oder Perioden der Elementanordnung nach MENDELEEV den äußeren Elektronenschalen K, L, M, N, O, P und Q (bzw. 1 bis 7) entsprechen. Greifen wir ein beliebiges Element, z. B. Zinn = Sn, heraus, dann sagt uns seine Stellung im Periodensystem, daß es über fünf Elektronenschalen verfügt

VI	VII	VIII			O	Elektronen in den Schalen der Edelgase
					2. He Helium 4,003	2
8. O Sauerstoff 15,999 4	9. F Fluor 18,998				10. Ne Neon 20,183	2, 8
16. S Schwefel 32,064	17. Cl Chlor 35,458				18. Ar Argon 39,948	2, 8, 8
24. Cr Chrom 51,996	25. Mn Mangan 54,938	26. Fe Eisen 55,847	27. Co Kobalt 58,933	28. Ni Nickel 58,71		
34. Se Selen 78,96	35. Br Brom 79,909				36. Kr Krypton 83,8	2, 8, 18, 8
42. Mo Molybdän 95,94	43. Tc Technetium 99	44. Ru Ruthenium 101,07	45. Rh Rhodium 102,905	46. Pd Palladium 106,4		
52. Te Tellur 127,60	53. J Jod 126,904				54. X Xenon 131,3	2, 8, 18, 18, 8
74. W Wolfram 183,85	75. Re Rhenium 186,2	76. Os Osmium 190,2	77. Ir Iridium 192,2	78. Pt Platin 195,09		
84. Po Polonium 210	85. At Astatin 211				86. Rn Radon 222	2, 8, 18, 32, 18, 8
92. U Uran 238,03						

und daß sich seine äußeren Elektronen in der O-Schale befinden. Folgerichtig können in der ersten Periode, deren K-Schale nur bis zu zwei Elektronen aufnehmen kann, auch nur zwei Elemente, nämlich Wasserstoff und Helium, auftreten.

Die große Ähnlichkeit derjenigen Elemente, die im Periodensystem untereinanderstehen und zu einer *Gruppe* zusammengefaßt werden, erklärt sich aus der Tatsache, daß sie die gleiche Elektronenzahl in der äußeren Schale besitzen. So haben außer Helium alle Edelgase – diese Elemente vermögen nur ausnahmsweise chemische Verbindungen zu bilden – eine mit 8 Elektronen besetzte Außenschale. Die Edelgase bilden die Gruppe O des Periodensystems. In der Gruppe I stehen Elemente, deren äußerste Schale mit einem Elektron besetzt ist. Hier wird, ebenso wie in den anderen Gruppen, zwischen Haupt- und Nebengruppen unterschieden. In der ersten Hauptgruppe oder Alkali-

gruppe stehen die Elemente Lithium Li, Natrium Na, Kalium K, Rubidium Rb, Zäsium Cs und Francium Fr. Die erste Nebengruppe umfaßt die Elemente Kupfer Cu, Silber Ag und Gold Au. Diese Unterteilung erklärt sich ebenfalls aus der Elektronenanordnung:

Hauptgruppe I								Nebengruppe I							
Zahl der Elektronen in der															
	K-	L-	M-	N-	O-	P-	Q-		K-	L-	M-	N-	O-	P-Schale	
Li	2	1													
Na	2	8	1												
K	2	8	8	1				Cu	2	8	18	1			
Rb	2	8	18	8	1			Ag	2	8	18	18	1		
Cs	2	8	18	18	8	1		Au	2	8	18	32	18	1	
Fr	2	8	18	32	18	8	1								

Während die vorletzte Schale in der Hauptgruppe nur bei den beiden ersten Elementen, Lithium und Natrium, voll mit Elektronen belegt ist, enthalten die Elemente Kalium, Rubidium und Zäsium in der M- bzw. N- bzw. O-Schale nur 8 Elektronen. Aus der Auffüllung dieser Schalen ergeben sich die drei Elemente der ersten Nebengruppe; bei diesen Elementen sind die entsprechenden Schalen mit jeweils 18 Elektronen besetzt.

Wir wollen hier nicht sämtliche Beziehungen erörtern, die im Periodensystem der Elemente zum Ausdruck kommen und die man in bestimmten Regeln zusammengefaßt hat. Unser Ziel bestand lediglich darin, einen Überblick über die chemischen Elemente zu geben.

Chemische Zusammensetzung der Erdkruste

In der aus Mineralen und Gesteinen zusammengesetzten festen Erdkruste sind die Elemente in sehr unterschiedlicher Menge vertreten. Die Verteilung der chemischen Grundstoffe wechselt von Gestein zu Gestein, aber da der Gesteinsaufbau der Kruste im großen und ganzen bekannt ist, läßt sich die durchschnittliche chemische Zusammensetzung der Erdkruste errechnen. Etwa 90 Elemente bauen die Erde auf – viele wurden durch spektroskopische Untersuchungen der Gestirne auch im Kosmos nachgewiesen –, doch nur wenige bilden *wesentliche Bestandteile* der Gesteinsschale. Lediglich die acht in der folgenden Tabelle aufgeführten Elemente sind mit mehr als *einem* Gewichtsprozent in der obersten, 16 km mächtigen Schicht vorhanden.

Wenn wir uns den Aufbau der Kristalle aus kugelförmigen Atomsorten verdeutlichen, dann interessiert uns auch, welchen Raum die verschiedenen Grundstoffe einnehmen. Da der Atomradius der Elemente bekannt ist – er hängt von der Anzahl ihrer Elektronenschalen und deren Besetzung ab – lassen sich die Gewichtsprocente in Volumenprocente umrechnen. Das Ergebnis ist recht aufschlußreich (s. folgende Tabelle). Sauerstoff O nimmt 94,24% des gesamten Raumes der 16-km-Kruste ein. Berücksichtigen wir den großen Radius des Sauerstoffatoms von 1,40 Å und die im Vergleich dazu kleinen Radien der übrigen Elemente, z. B. Silizium Si = 0,39 Å, dann können wir die Erdkruste als eine Packung aus Sauerstoffkugeln betrachten, in deren Lücken sich die übrigen Elemente befinden. Die Tatsache, daß der Sauerstoff eine so überragende Rolle spielt, führte V. M. GOLDSCHMIDT dazu, von einer „Oxysphäre“ zu sprechen (nach lat. oxygenium = Sauerstoff; also Sauerstoffschale).

Die häufigsten Elemente der Erdkruste (aus Tom W. F. BARTH 1962)

Element (Ordnungszahl)	Symbol	Gewichts-%	Volumen-%
Sauerstoff (8)	O	46,71	94,24
Silizium (14)	Si	27,69	0,51
Aluminium (13)	Al	8,07	0,44
Eisen (26)	Fe	5,05	0,37
Kalzium (20)	Ca	3,65	1,04
Natrium (11)	Na	2,75	1,21
Kalium (19)	K	2,58	1,88
Magnesium (12)	Mg	2,08	0,28

Acht Elemente bilden 98,58 Gewichtsprozent bzw. 99,97 Volumenprozent. Das heißt: Alle übrigen Grundstoffe sind nur mit 1,42 Gewichtsprozent bzw. 0,03 Volumenprozent am Aufbau der 16-km-Kruste beteiligt. Eine sehr große Zahl chemischer Bestimmungen ermöglicht es, auch die durchschnittlichen Gehalte der seltenen Grundstoffe anzugeben (folg. Tabelle).

Element (Ordnungszahl)	Symbol	g/t	Die seltenen Elemente der Erdkruste (in Gramm pro Tonne)
Titan (22)	Ti	4400	10000 g/t entsprechen
Wasserstoff (1)	H	1300	1 Gewichtsprozent
Phosphor (15)	P	1180	
Mangan (25)	Mn	1000	
Fluor (9)	F	800	
Schwefel (16)	S	520	
Strontium (38)	Sr	450	
Barium (56)	Ba	400	
Kohlenstoff (6)	C	320	
Chlor (17)	Cl	200	
Chrom (24)	Cr	200	
Zirkon (40)	Zr	160	
Rubidium (37)	Rb	120	
Vanadium (23)	V	110	
Nickel (28)	Ni	80	
Zink (30)	Zn	65	
Stickstoff (7)	N	46	
Zer (58)	Ce	46	
Kupfer (29)	Cu	45	
Yttrium (39)	Y	40	
Lithium (3)	Li	30	
Neodym (60)	Nd	24	
Niob (41)	Nb	24	
Kobalt (27)	Co	23	
Lanthan (57)	La	18	
Blei (82)	Pb	15	
Gallium (31)	Ga	15	
Thorium (90)	Th	10	

Alle übrigen, in der Tabelle nicht aufgeführten Elemente beteiligen sich mit weniger als 10 g/t an der *durchschnittlichen* Zusammensetzung der Gesteinschale.

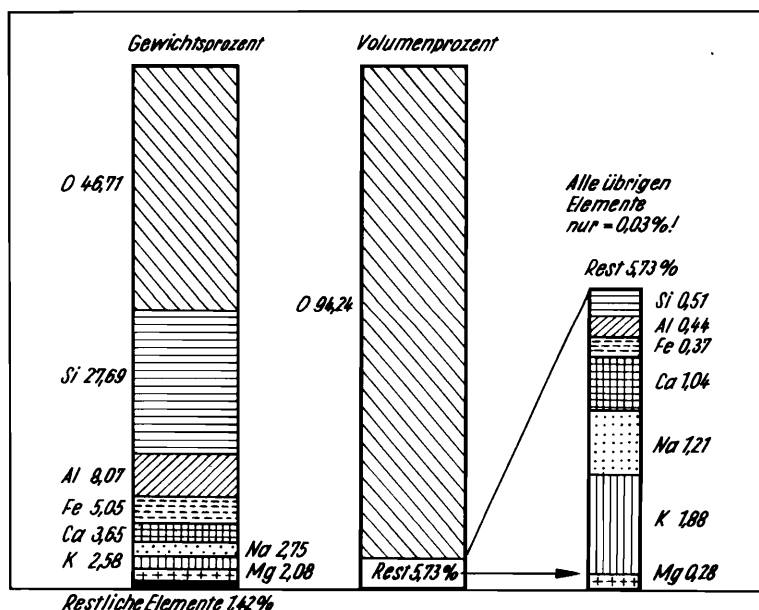
Die zugänglichen Teile der Erde enthalten die seltenen Grundstoffe nicht in gleichem Maße. Während Elemente wie Titan, Chlor, Phosphor, Mangan, Kohlenstoff und Schwefel noch relativ häufig vorkommen, treten andere, wie Molybdän, Quecksilber, Platin und Gold, stark zurück. Viele von diesen Grundstoffen werden in der Technik verwendet. Wir gewinnen die für unser Leben erforderlichen Elemente aus der 16-km-Kruste, die nur 0,4% der gesamten Erdmasse ausmacht und die wie eine dünne Schlackenhaut die tiefer liegenden Erdschalen überzieht.

Durch die nachstehende Abbildung wird graphisch dargestellt, in welchem Umfang sich die häufigsten Elemente am Aufbau der Erdkruste beteiligen (Abb 32).

Chemische Zusammensetzung der Minerale

Mit nur wenigen Ausnahmen können wir alle natürlichen Elemente als Bestandteile der Minerale nachweisen. Etwa 20 chemische Grundstoffe kommen in freiem Zustand als Minerale vor: Kohlenstoff, Schwefel, Selen, Tellur, Arsen, Antimon, Wismut, Quecksilber, Kupfer, Silber, Gold, Blei, Eisen, Nickel, Platin, Palladium, Iridium, Osmium, Tantal und Zinn. Der Mineraloge nennt sie „*gediegen*“ Schwefel, Gold, Silber usw. und unterscheidet sie von den in wesentlich größerer Zahl auftretenden *chemischen Verbindungen*. Die Verbindungen bestehen aus zwei oder mehreren Elementen. Die Symbole

Abb. 32: Die Beteiligung der häufigsten Elemente an der Zusammensetzung der Erdkruste in Gewichtsprozenten (links) und in Volumenprozenten (rechts)



dieser Elemente und ihr Mengenverhältnis bilden die *chemische Formel* eines Minerals. Da jedes Mineral eine natürliche Substanz mit mehr oder weniger feststehender Zusammensetzung darstellt, gehört zu jedem Mineralnamen eine solche Mineralformel. Wir finden die chemischen Formeln im Bestimmungsteil, und um sie „lesbar“ zu machen, haben wir die in der Tabelle S. 67 zusammengefaßten chemischen Elemente alphabetisch nach dem Symbol geordnet. Wer also die Symbole einer Formel nicht deuten kann, findet die Namen der entsprechenden Elemente anhand dieser Tabelle. Aus der Formel SiO_2 ergibt sich z. B., daß das Mineral aus einem Teil *Silizium* und zwei Teilen *Sauerstoff* zusammengesetzt ist. Die Mineralformeln wurden gewonnen, indem man die Substanz in ihre Grundstoffe zerlegte und deren Mengenanteil bestimmte. Ein einfaches Beispiel soll das erläutern. Die chemische Analyse ergab, daß ein Mineral aus den drei Elementen Eisen Fe, Arsen As und Schwefel S zusammengesetzt ist. Die gefundenen Gewichtsprocente teilt man durch das entsprechende Atomgewicht und erhält so die Atomquotienten. Deren Verhältnis entspricht dem Mengenverhältnis der Grundstoffe im Mineral.

Rechenbeispiel:

Bestandteile		Gewichtsprocente	Atomgewicht	Atomquotient	Verhältnis
Eisen	Fe	34,3	55,85	0,614	1
Arsen	As	46,0	74,92	0,614	1
Schwefel	S	19,7	32,064	0,615	1

Die Mineralformel lautet demnach: FeAsS (Arsenopyrit).

Umgekehrt kann man auch aus der Formel den Gehalt eines Elements errechnen. Wollen wir wissen, wie hoch der Bleigehalt des Wulfenits mit der chemischen Formel PbMoO_4 ist, dann gehen wir folgendermaßen vor: Wir suchen zuerst in der Tabelle auf Seite 67 die Atomgewichte und schreiben sie zu den Elementen. Dann wird das Formelgewicht durch Addition der Atomgewichte errechnet. Durch einfache Verhältnisbildung finden wir anschließend den gesuchten Wert.

Rechenbeispiel: Wulfenit PbMoO_4

Blei Pb	$207,19 \times 1 = 207,19$	$x:100 = \frac{207,19:367,13}{367,13}$ $x = 56,43\%$ Bleigehalt
Molybdän Mo	$95,94 \times 1 = 95,94$	
Sauerstoff O	$16,00 \times 4 = 64,00$	
Summe = Formelgewicht	<u>367,13</u>	

Nach diesem Vorgang lassen sich die Elementgehalte aller Verbindungen berechnen.

Die seltenen Elemente verstecken sich oft im Gitter von Verbindungen, die sich aus den verbreiteten Grundstoffen zusammensetzen. Manche Elemente sind überhaupt nur in geringen Spuren in verschiedenen Mineralen enthalten, ohne eigene Verbindungen zu bilden. Das gilt für *Hafnium*, von dem

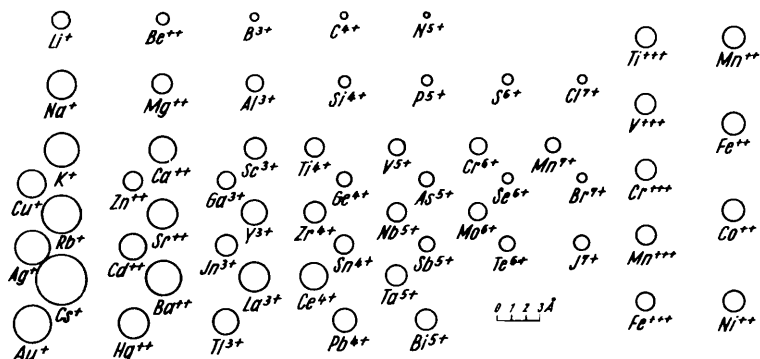


Abb. 33: Die relative Größe der Kationen (aus NIGGLI 1945)

wir kein selbständiges Mineral kennen. Hafnium ist aber allen Zirkoniummineralen in mehr oder weniger großen Anteilen beigemischt und tritt dort an die Stelle von Zirkonium. Von *Indium* und *Gallium* sind jeweils nur ganz wenige Minerale bekannt. Auch diese Elemente „tarnen“ sich meist, indem sie anderen Mineralen in geringen Konzentrationen – als Spurenelemente – beigemischt sind. Ähnlich ist es bei *Germanium*, das nur wenige ausgesprochene Germaniumminerale bildet, jedoch in fast allen Silikaten in winzigen Mengen anstatt Silizium auftritt.

Chemische Elemente können sich im Kristallgitter nur dann gegenseitig ersetzen, wenn ihr Ionen- bzw. Atomradius annähernd gleich groß ist. Die Ionenradien der sich vertretenden Elemente dürfen in der Regel nicht mehr als 15% voneinander abweichen. Sehr ähnliche Größe haben z. B. die Elemente Kalzium und Strontium mit einem Ionenradius von etwa 1,40 Å.

Wenn bei der Mineralbildung reichlich Kalzium und sehr wenig Strontium zugegen ist, dann entstehen keine Strontiumminerale, sondern im Gitter eines Kalziumminerals werden einige Ca-Positionen mit Strontium besetzt. Solche Nebenelemente sind in fast allen Mineralen mit Beträgen <1% vorhanden. In der Formel berücksichtigt man die „Spurenelemente“ nicht. Damit wir uns die gegenseitige Vertretbarkeit der Ionen im Gitter vorstellen können, sind in der Abbildung 33 die Größen der Kationen dargestellt (siehe Maßstab in Å = 10⁻⁸ cm).

Die beiden rechten Reihen zeigen die Größe von Kationen, die im linken Teil mit anderen Wertigkeitsstufen vertreten sind (Ti, V, Cr und Mn). Damit wird noch einmal verdeutlicht, daß der Raumbedarf eines Ions von der Wertigkeit abhängt. Zum anderen ist hier die Größe der Kationen des Eisens, Kobalts und Nickels abgebildet. Alle genannten Elemente können sich, wie man schon beim ersten Blick sieht, mit den in diesen beiden Reihen angegebenen Wertigkeitsstufen gegenseitig ersetzen.

Wir haben uns mit der Tatsache befaßt, daß bestimmte Elemente im Gitter der Minerale „versteckt“ sind. An der Schreibweise der chemischen Formel ändert das nichts. Anders ist das, wenn sogenannte *Mischkristalle* vorliegen. Die einfachste Art der Mischkristallbildung besteht darin, daß einige Bausteine des Kristalls A durch die gleiche Zahl von Bausteinen des Kristalls B ersetzt werden. Die Minerale A und B sind die Endglieder einer Mischkristallreihe.

Dazu folgendes Beispiel:

Mineral A	Mischkristalle	Mineral B
Forsterit Mg_2SiO_4 $\text{Mg}^{2+} = 0,66 \text{ \AA}$	Olivinreihe mehr Mg $\leftarrow (\text{Mg, Fe})_2\text{SiO}_4 \rightarrow$ mehr Fe	Fayalit Fe_2SiO_4 $\text{Fe}^{2+} = 0,74 \text{ \AA}$

Im Gitter dieser Mineralgruppe sind die Magnesiumionen Mg^{2+} und Eisenionen Fe^{2+} austauschbar, ihr Mengenanteil kann in weiten Grenzen schwanken, und ein bestimmter Gitterpunkt wird entweder von Magnesium oder von Eisen besetzt sein. Sowohl Magnesium als auch Eisen sind im Olivin Hauptelemente. Da sie gleiche Gitterplätze einnehmen können, schreiben wir beide in eine runde Klammer und trennen sie durch ein Komma: $(\text{Mg, Fe})_2\text{SiO}_4$. Wenn die reinen Endglieder in jedem Verhältnis mischbar sind, dann sprechen wir von lückenloser Mischbarkeit. Kann dagegen ein Mineral ein anderes nur bis zu einem gewissen Betrag aufnehmen, dann fehlen bestimmte Zusammensetzungen, es treten „Mischungslücken“ auf. Viele Minerale, besonders die bei höheren Temperaturen kristallisierten, bilden solche Mischkristalle. Beim Plagioklas besteht lückenlose Mischbarkeit zwischen den Endgliedern *Albit* und *Anorthit*. Da jedoch die austauschbaren Ionen Na^+ und Ca^{2+} nicht die gleiche Wertigkeit besitzen, muß gleichzeitig, um Ladungsausgleich herzustellen, Si^{4+} gegen Al^{3+} ausgetauscht werden:

Mineral A	Mischkristalle	Mineral B
Albit $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$	Plagioklasreihe $(\text{Na, Ca})\text{Al}(\text{Si, Al})_3\text{O}_8$ mehr Na + Si $\leftarrow \rightarrow$ mehr Ca + Al	Anorthit $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$

Na^+ und Si^{4+} werden durch Ca^{2+} und Al^{3+} ersetzt.

Innerhalb einer Mischkristallreihe werden häufig mehrere Arten unterschieden. Die Glieder der Plagioklasreihe sind:

mit 0 bis 10% Anorthitkomponente	Albit
mit 10 bis 30% Anorthitkomponente	Oligoklas
mit 30 bis 50% Anorthitkomponente	Andesin
mit 50 bis 70% Anorthitkomponente	Labradorit
mit 70 bis 90% Anorthitkomponente	Bytownit
mit 90 bis 100% Anorthitkomponente	Anorthit

In einer Mischkristallreihe ändern sich mit der chemischen Zusammensetzung die physikalischen Eigenschaften (Dichte, Lichtbrechung u. a.) und die Gitterabmessungen. Aus physikalischen oder röntgenographischen Meßdaten, nicht durch die zeitraubende chemische Analyse, wird der Chemismus eines vorliegenden Gliedes ermittelt.

Viele der in den Gesteinen enthaltenen Minerale stellen komplizierte Mischkristalle dar. Ihre Formeln sind beängstigende Gebilde! Wenn wir indessen davon ausgehen, daß die in einer runden Klammer zusammengefaßten und durch ein Komma getrennten Elemente sich an ein und demselben Gitter-

platz gegenseitig ersetzen können, dann werden uns Formeln wie die für Turmalin, einem Borsilikat, $(\text{OH}, \text{F})_4(\text{Ca}, \text{Na}, \text{Mn})(\text{Al}, \text{Mg}, \text{Fe}, \text{Mn}, \text{Li}, \text{Ti}, \text{V})_9\{\text{B}_3\text{O}_9\}[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$ nicht unverständlich sein. Der Mineraloge bedient sich in solchen Fällen gern einer vereinfachten Schreibweise, indem er die Elemente mit ähnlichem Ionenradius, die die gleichen Gitterplätze einnehmen können, mit den allgemeinen Symbolen X, Y und Z bezeichnet.

Chemische Einteilung der Minerale

In den Mineralogiebüchern werden die Minerale zumeist auf Grund ihrer chemischen Zusammensetzung in neun große Gruppen eingeteilt. In der ersten Gruppe faßt man die Elemente zusammen und in den folgenden acht Gruppen jeweils die Minerale, die dem gleichen Typ chemischer Verbindung angehören. Die weitere Untergliederung berücksichtigt neben den Anionen vor allem die Struktur.

1. *Gediegene Elemente*, feste Lösungen und „intermetallische Verbindungen“. Hier läßt sich weiter unterteilen in *Metalle* (Gold, Silber, Kupfer, Platin, Eisen, Quecksilber) und *Nichtmetalle* (Graphit, Diamant, Schwefel). Feste Lösungen bilden u. a. Gold und Silber = Elektrum (Au, Ag) sowie Platin und Palladium (Pt, Pd). Während deren chemische Zusammensetzung schwankt, ist die der intermetallischen Verbindungen konstant; Stibiopalladinit z. B. hat die Formel Pd_3Sb . Mengenmäßig beteiligen sich die gediegenen Elemente mit weniger als 0,1 % am Aufbau der Erdkrinde, ihr Anteil ist also sehr gering. Sie sind zum Teil wirtschaftlich sehr wertvoll, besonders Gold und Diamant. Wir haben nur die wichtigsten angeführt.

2. *Sulfide und verwandte Verbindungen*. Diese meist metallisch glänzenden Verbindungen, unter denen sich die wichtigsten Erze befinden, lassen sich von den Säuren H_2S , H_2Se , H_2Te usw. ableiten. An die Stelle des Wasserstoffs treten Metalle oder Halbmetalle, von denen etwa 20 in dieser Verbindungsform häufig angetroffen werden. Gewöhnlich trennt man zwischen „einfachen Sulfiden“ und „Sulfosalzen“. Die Sulfosalze werden bisweilen als „Doppelsulfide“ bezeichnet (und geschrieben). Man leitet sie von hypothetischen „Sulfosäuren“ ab, bei denen Sauerstoff durch Schwefel ersetzt ist: z. B. $\text{H}_3\text{AsO}_3 \rightarrow \text{H}_3\text{AsS}_3$. Wir erkennen sie an der etwas komplizierteren Zusammensetzung, die sich in ihrer Formel ausdrückt.

Sulfide und verwandte Verbindungen haben zum Teil erhebliche wirtschaftliche Bedeutung als Elementrohstoffe. Quantitativ sind sie am Aufbau der Erdkruste mit etwa 0,15 % nur minimal beteiligt (Angabe nach V. I. VERNADSKIJ).

Formelbeispiele:

Sulfide

PbS (Galenit, Bleiglanz)
 FeS_2 (Pyrit, Schwefelkies)
 MoS_2 (Molybdänit, Molybdänglanz)
 $(\text{Zn}, \text{Fe})\text{S}$ (Sphalerit, Zinkblende)

Sulfosalze

CuFeS_2 (Chalkopyrit, Kupferkies)
 Cu_5FeS_4 (Bornit, Buntkupferkies)
 Ag_3SbS_3 (Pyrargyrit, dunkles Rotgültigerz);
 ↓ als Doppelsulfid
 $3 \text{Ag}_2\text{S} \cdot \text{Sb}_2\text{S}_3$ geschrieben

3. *Halogenide oder Haloidverbindungen*. Diese zumeist nichtmetallischen Minerale sind die Fluor-, Chlor-, Brom- und Jodverbindungen der Elemente,

die auch als Salze der entsprechenden Säuren HF, HCl usw. aufgefaßt werden können. Zu ihnen stellt man chemisch ähnliche wasserhaltige Salze und sogenannte Doppel- und Oxyhalogenide. In der Natur herrschen Alkali- und Erdalkalihalogenuide vor, während sich entsprechende Schwermetallverbindungen nur unter ganz bestimmten Umständen bilden. Einige Minerale dieser Gruppe haben große wirtschaftliche Bedeutung, denken wir nur an Halit und die Kalisalze.

Formelbeispiele:

Einfache Chloride

NaCl (Halit, Steinsalz)

KCl (Sylvin)

CaF₂ (Fluorit, Flußspat)

Oxyhalogenide

CuCl₂ · 3 Cu(OH)₂ (Atakamit)

Doppelhalogenide

Na₃AlF₆ (Kryolith)

KMgCl₃ · 6 H₂O (Carnallit)

4. *Oxide und Hydroxide*. So bezeichnen wir einfache Verbindungen der Metalle und Nichtmetalle mit Sauerstoff oder Hydroxylgruppen (OH)⁻. Die Erdkruste enthält reichlich Sauerstoff, und es ist deshalb nicht verwunderlich, daß sie mengenmäßig zu etwa 17% aus Mineralen dieser Art besteht. Das häufigste Oxid (12,6%) ist der Quarz, den wir in vielen Gesteinen als Hauptbestandteil antreffen. Etwa 40 Elemente kommen in der Natur als Oxide oder Hydroxide vor. Wichtige Rohstoffe für die Eisen-, Chrom-, Aluminium- und Zinkgewinnung zählen zu ihnen.

Formelbeispiele:

Oxide

SiO₂ (Quarz und mit anderem Gitter: Tridymit, Cristobalit)

Al₂O₃ (Korund)

Fe₂O₃ (Hämatit, Eisenglanz)

SnO₂ (Cassiterit, Zinnstein)

Fe₃O₄ (Magnetit)

Fe, Mg)(Cr, Al)₂O₄ (Chromit, Chromeisenerz)

Hydroxide

Al(OH)₃ (Gibbsit, Hydrargillit)

FeOOH (Goethit, Nadeleisenerz)

5. *Nitrate, Karbonate und Borate* bilden die erste Gruppe der zahlreichen „Sauerstoffsalze“. Diese Verbindungen werden nach den Säureradikalen bzw. Anionenkomplexen zusammengefaßt, wobei die Einteilung nach verschiedenen Gesichtspunkten erfolgen kann und deshalb nicht einheitlich gehandhabt wird. Manche Autoren stellen alle Sauerstoffsalze in eine Abteilung und unterscheiden insgesamt acht Klassen: Nitrate/Karbonate/Sulfate/Chromate/Molybdate und Wolframate/Phosphate, Arsenate und Vanadate/Borate/Silikate.

Nitrate sind leichtlösliche Salze, deren Anionenkomplex [NO₃]⁻ mit den Kationen der Alkalien Natrium und Kalium am häufigsten gekoppelt ist. Das Mineral Natron- oder Chilesalpeter wird als Stickstoffdünger verwertet. Ebenso wie die Kupfernitate und die selteneren und etwas komplizierteren Erdalkalinirate mit Magnesium, Kalzium und Barium als Kation ist Natronsalpeter nur in trockenen, heißen Klimagebieten beständig.

Von den *Karbonaten* mit dem Anionenkomplex $[\text{CO}_3]^{2-}$ ist das Kalziumkarbonat am wichtigsten. Es bildet ganze Gesteinsschichten. Als mineralische Rohstoffe haben neben Kalziumkarbonat das Magnesium- und das Eisenkarbonat wirtschaftliche Bedeutung.

Verhältnismäßig gering ist die Zahl der Minerale, die als Salze von Borsäuren betrachtet werden können. Solche wasserfreien und wasserhaltigen *Borate* schlagen sich größtenteils aus Boraxseen nieder.

Formelbeispiele:

Nitrate

NaNO_3 (Nitronatrit, Natronsalpeter, Chilesalpeter)

KNO_3 (Nitrokalit, Kalisalpeter)

Karbonate

CaCO_3 (Calcit, Kalkspat; mit anderem Gitter: Aragonit)

FeCO_3 (Siderit, Eisenspat)

$\text{CaMg}[\text{CO}_3]_2$ (Dolomit)

Borate

$\text{Mg}_2[\text{B}_2\text{O}_5] \cdot \text{H}_2\text{O}$ (Ascharit)

$\text{Mg}_3[\text{Cl/B}_7\text{O}_{13}]$ (Boracit)

$\text{NaCa}[\text{B}_5\text{O}_6(\text{OH})_6] \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ (Ulexit)

6. *Sulfate und verwandte Verbindungen.* Sulfatminerale sind weit verbreitet, jedoch haben nur wenige dieser Salze eine praktische Bedeutung. Wir unterscheiden zwischen wasserfreien und wasserhaltigen Sulfaten, denen jeweils eine Untergruppe mit „fremden Anionen“ angeschlossen ist. Alle Sulfate haben nichtmetallischen Charakter; zum Teil sind sie wasserlöslich und deshalb wenig beständig. Wegen ähnlicher äußerer Eigenschaften und eines gleichartigen kristallchemischen Bautyps stellt man die Chromate, Molybdate und Wolframate als verwandte Verbindungen in die gleiche Mineralgruppe.

Formelbeispiele:

Wasserfreie Sulfate

CaSO_4 (Anhydrit)

BaSO_4 (Baryt, Schwerspat)

SrSO_4 (Coelestin)

mit fremden Anionen

$\text{Cu}_4[(\text{OH})_6/\text{SO}_4]$ (Brochantit)

Wasserhaltige Sulfate

$\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (Kieserit)

$\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ (Gips)

mit fremden Anionen

$\text{KMg}[\text{Cl}/\text{SO}_4] \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$ (Kainit)

Chromate

PbCrO_4 (Krokoit, Rotbleierz)

Wolframate

$(\text{Fe, Mn})\text{WO}_4$ (Wolframit)

CaWO_4 (Scheelit)

Molybdate

PbMoO_4 (Wulfenit, Gelbbleierz)

7. *Phosphate und verwandte Verbindungen.* Neben den wasserfreien und wasserhaltigen Salzen der Phosphorsäure mit dem Anionenkomplex $[\text{PO}_4]^{3-}$ werden hier die Arsenate und Vanadate wegen ihrer engen kristallchemischen

Verwandtschaft eingereiht. Ebenso wie die Sulfate tragen alle diese Salze nichtmetallischen Charakter. Ihre Zahl ist ziemlich groß, doch können nur wenige als verbreitete oder häufige Minerale bezeichnet werden. Die Mehrzahl dieser Verbindungen sind Seltenheiten, die auch der Mineraloge kaum zu Gesicht bekommt.

Formelbeispiele:

Phosphate

CePO_4 (Monazit)

mit fremden Anionen

$(\text{Mg}, \text{Fe})\text{Al}_2[\text{OH}/\text{PO}_4]_2$ (Lazulith)

$\text{Ca}_5(\text{F}, \text{Cl})/(\text{PO}_4)_3$ (Apatit)

Wasserhaltige Phosphate bzw. Arsenate und Vanadate

$\text{Fe}_3[\text{PO}_4]_2 \cdot 8 \text{H}_2\text{O}$ (Vivianit, Blau eisenerz)

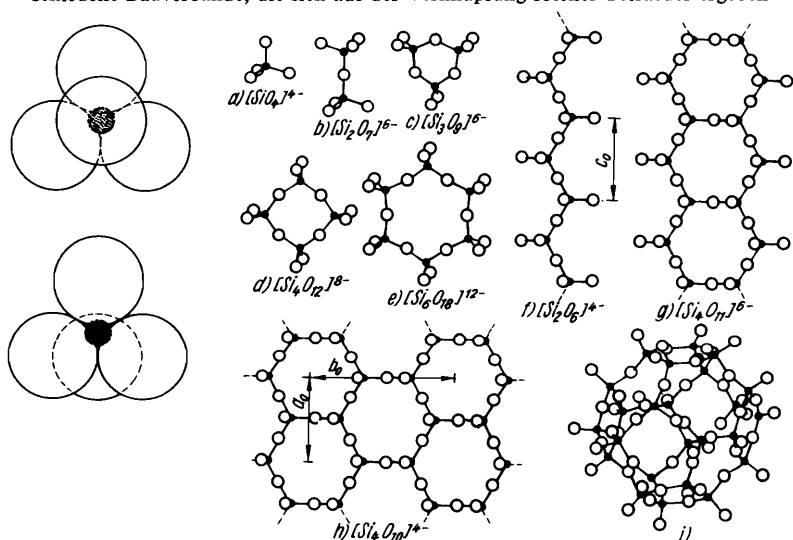
$\text{Ni}_3[\text{AsO}_4]_2 \cdot 8 \text{H}_2\text{O}$ (Annabergit, Nickelblüte)

$(\text{K}_2[(\text{UO}_2)_2/\text{V}_2\text{O}_8] \cdot 3 \text{H}_2\text{O})$ (Carnotit)

8. Silikate. Diese Gruppe von Verbindungen umfaßt die größte Anzahl von Mineralen und bildet die wichtigsten Gemengteile der Gesteine. Fast alle Silikate sehen ausgesprochen nichtmetallisch aus und erweisen sich als ziemlich hart. Unter ihnen gibt es komplizierte Mischkristalle, deren genaue Zusammensetzung durch optische Untersuchungen zu finden ist. Während die artenreiche Gruppe der Silikate früher auf verschiedene Kieselsäuren bezogen wurde, als deren Salze man sie betrachtete, gründet sich die moderne Systematik auf den Gitterbau. Nicht zuletzt widmet man der Struktur der Silikate deshalb so große Aufmerksamkeit, weil sie quantitativ mit etwa 80% an der Zusammensetzung der zugänglichen Erdkruste beteiligt sind.

Grundbaustein der Silikate ist das $[\text{SiO}_4]^{4-}$ -Tetraeder (Abb. 34). Ein zentrales Siliziumkation wird von vier Sauerstoffanionen im gleichen Abstand umgeben. Minerale, in deren Feinbau selbständige $[\text{SiO}_4]^{4-}$ -Gruppen auftreten, heißen

Abb. 34: (links) räumliche Darstellung eines $[\text{SiO}_4]^{4-}$ -Tetraeders und (rechts) verschiedene Bauverbände, die sich aus der Verknüpfung solcher Tetraeder ergeben



„Inseltetraedersilikate“. Die vier negativen Wertigkeiten des $[\text{SiO}_4]^{4-}$ -Tetraeders werden durch den Einbau von Kationen ausgeglichen. Weitaus häufiger sind solche Silikate, in deren Struktur sich die $[\text{SiO}_4]^{4-}$ -Tetraeder zu ganzen Bauverbänden zusammenschließen. Wir kennen Silikate, in denen nur zwei $[\text{SiO}_4]^{4-}$ -Gruppen miteinander verbunden sind, aber auch ring-, ketten- und schichtgitterartige Bauformen und räumliche Gerüste aus SiO_4 -Tetraedern (Abb. 34). Nicht selten drückt sich der Feinbau der Silikate in der äußeren Form aus. Die zu den Schichtsilikaten gehörenden Minerale sind meist blättchenförmig entwickelt und gut spaltbar.

Die negativen Wertigkeiten der Silikatgerüste werden durch Kationeneinbau in Gitterlücken abgesättigt. Da die Ionen in den zumeist komplizierten Bauverbänden auf vielfältige Weise angeordnet sein können und da es sowohl Silizium als auch Sauerstoff reichlich gibt, verwundert es nicht, daß etwa ein Viertel aller Minerale, welche die uns bekannte feste Erdkruste bilden, Silikate sind. Davon haben aber nur relativ wenige als vorherrschende Bestandteile eine weite Verbreitung.

Formelbeispiele:

Strukturgruppe	$[\text{SiO}_4]^{4-}$ -Bauverband	Beispiel
Inseltetraederstrukturen	$[\text{SiO}_4]^{4-}$ -Gruppen	$(\text{Mg, Fe})_2[\text{SiO}_4]$ (Olivin)
Gruppenstrukturen	$[\text{Si}_2\text{O}_7]^{6-}$ -Gruppen	$(\text{Sc, Y})_2[\text{Si}_2\text{O}_7]$ (Thortveitit)
Ringstrukturen	SiO_4 -Tetraeder sind zu $3,4,6 \cdot [\text{SiO}_3]^{2-}$ zusammengefaßt	$\text{BaTi}[\text{Si}_3\text{O}_9]$ (Benitoit)
Ketten- und Bandstrukturen	$[\text{Si}_2\text{O}_6]^{4-}$ -Ketten bzw. $[\text{Si}_4\text{O}_{11}]^{6-}$ -Bänder	$\text{CaMg}[\text{Si}_2\text{O}_6]$ (Diopsid)
Blattstrukturen	$[\text{Si}_4\text{O}_{10}]^{4-}$ -Netze	$\text{KAl}_2[(\text{OH, F})_2/\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$ (Muskovit)
Gerüststrukturen	SiO_4 -Tetraeder in räumlichen Netzen von $(\text{Si, Al})\text{O}_4^{3-}$ bis $4-$	KAlSi_3O_8 (Kalifeldspat)

Aus verständlichen Gründen wurden in diese Übersicht nur sehr einfach zusammengesetzte Minerale aufgenommen. Oft wird man ein modernes Mineralogiebuch zu Rate ziehen müssen, wenn man ein komplizierter zusammengesetztes Silikat einer dieser Strukturgruppen zuordnen möchte.

9. *Organische Verbindungen.* In diese Gruppe hat man früher viele Substanzen gestellt, die als schlecht gekennzeichnete Gemenge gelten müssen und auf die deshalb die Bezeichnung „Mineral“ nicht zutrifft. Heute ordnet man ihr nur noch Salze organischer Säuren zu. Deren Zahl ist so gering, daß die organischen Verbindungen oft nur anhangsweise behandelt oder überhaupt weggelassen werden. Wir haben es mit Salzen der Mellitsäure $\text{H}_6\text{C}_{12}\text{O}_{12}$ und der Oxalsäure $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ zu tun.

Solche Verbindungen kommen meist in der Braun- oder Steinkohle vor.

Die wichtigsten sind:

$\text{Al}_2[\text{C}_{12}\text{O}_{12}] \cdot 18 \text{H}_2\text{O}$ Mellit (Honigstein)
 $\text{Fe}[\text{C}_2\text{O}_4] \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ Oxalit (Humboldtlin) und
 $\text{Ca}(\text{C}_2\text{O}_4) \cdot \text{H}_2\text{O}$ Whewellit

Die kurzen Ausführungen zur chemischen Einteilung der Minerale waren erforderlich, da die Minerale in den meisten Sammlungen nach kristall-chemischen Gesichtspunkten angeordnet sind. Auch der Mineralliebhaber

wird bestrebt sein, eine gewisse Ordnung in das von ihm zusammengetragene oder durch Tausch erworbene Material zu bringen. An Hand der chemischen Formeln im Bestimmungsteil und der knappen Hinweise wird er die Minerale in die richtige Gruppe eingliedern können.

Wir wollen zuletzt noch eine Übersicht über die Verteilung der Minerale auf die einzelnen chemischen Gruppen geben. Von den erfaßten Mineralen sind aber nur wenige verbreitet oder von Bedeutung; auf sie beschränken sich die Bestimmungsdaten im zweiten Teil des Buches.

Chemische Gruppe	Anzahl der Minerale nach Strunz	Anteil in %
1. Elemente und verwandte Minerale	36	1,9
2. Sulfide und verwandte Verbindungen	277	14,8
3. Halogenide	93	4,9
4. Oxide und Hydroxide	272	14,5
5. Nitrate, Karbonate, Borate	187	10,0
6. Sulfate und verwandte Verbindungen	196	10,5
7. Phosphate und verwandte Verbindungen	316	16,9
8. Silikate	471	25,1
9. Organische Verbindungen	26	1,4
	1874	100,0

Einfache chemische Bestimmungen

Im Vergleich zur Feststellung der äußeren Kennzeichen – Kristallform, Glanz, Farbe, Strich, Durchsichtigkeit, Härte u. a. – bereitet die chemische Untersuchung der Minerale ziemlich große Schwierigkeiten. Eine chemische Analyse erfordert neben einer gründlichen Ausbildung auf dem Gebiet der Chemie viel Sorgfalt. Zu ihrer Durchführung sind zahlreiche Geräte und Chemikalien notwendig. Von quantitativen Analysen ganz abgesehen, verlangen bereits qualitative Bestimmungen, wie z. B. auf Grund mikrochemischer Nachweisreaktionen oder an Hand der Tüpfelmethode, tiefreichende Kenntnisse; auch muß man sich erst längere Zeit einarbeiten, ehe man praktische Sicherheit erreicht.

Jedoch gibt es ein Verfahren, das speziell für die chemische Untersuchung von Mineralen ausgearbeitet wurde und sich auch heute noch bewährt, die *Lötrohrprobierkunde*. Diese Art der qualitativen chemischen Analyse, die dem Mineralsammler einfache Bestimmungen ermöglicht, hat sich besonders im 19. Jahrhundert entwickelt. Wer zu dieser Zeit als Geologe oder Bergmann in noch wenig erforschten Gelände nach Erzlagerstätten suchte, mußte mit der Lötrohrprobierkunde vertraut sein. Inzwischen haben sich die Methoden der Mineralbestimmung verfeinert; das schließt jedoch nicht aus, eine so bewährte und einfache Methode, die mit wenigen Instrumenten und Reagenzien auskommt, noch heute anzuwenden. Natürlich muß man sich mit dieser speziellen Untersuchungstechnik vertraut machen, wenn man sie erfolgreich anwenden will. Lötrohranalysen empfehlen sich dann, wenn die Bestimmung eines Minerals ausschließlich nach äußeren Kennzeichen zu keinem Ergebnis führt oder wenn zwischen ähnlichen Mineralen unterschieden werden soll.

Für Lötrohruntersuchungen werden als Arbeitsmittel gebraucht:

ein *Lötrohr*, am besten die Freiburger Ausführung, notfalls ein einfaches Juwelierlötrohr;
eine *Lötrohrlampe*, d. h. eine dosenförmige Paraffinlampe mit einem breiten Docht, als Ersatz genügt eine Kerze oder ein Bunsenbrenner;
eine *Spirituslampe*, wie sie für Laborzwecke gebräuchlich ist;
mehrere *Pinzetten*, darunter nach Möglichkeit eine Nickelschnabelpinzette;
eine *Flachzange* oder ein *kleiner Hammer und Amboß* zum Zerkleinern der Mineralprobe;
eine kleine *Reibschale* und ein *Pistill* zum Pulverisieren und Mischen;
ein kleines Stück *Silberblech* und ein Stück *Kobaltglas*;
Holzkohle mit einer ebenen, angeschliffenen Fläche und etwas Sandpapier zum Nachschleifen;
Glaskölbchen von etwa 70 mm Länge und etwa 8 mm Breite;
einseitig geschlossene Glasröhrchen von 70 bis 80 mm Länge und 4 bis 5 mm Durchmesser;
offene Glasröhrchen von 100 bis 200 mm Länge und 6 bis 8 mm Durchmesser;
Magnesiastäbchen von 120 mm Länge und 2 mm Durchmesser.

Als Reagenzien sind erforderlich:

Soda Na_2CO_3

Neutrales Kaliumoxalat $\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4$

Borax $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$

Phosphorsalz $\text{NaNH}_4\text{HPO}_4 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$

Kaliumhydrogensulfat KHSO_4

Kaliumnitrat KNO_3

Kobaltnitrat $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ in wäßriger Lösung (Kobaltlösung)

Kaliumjodid KJ und gepulverter *Schwefel* S, im Verhältnis 1 : 1 vermengt

Magnesium Mg als dünner Draht oder pulverförmig

Natriumhydroxid NaOH

Kupferoxid CuO

Zinnchlorid SnCl_2

Zinkgranulat Zn

Salzsäure (ätzend!) HCl, konzentriert und verdünnt

Schwefelsäure H_2SO_4 , konzentriert und verdünnt

Salpetersäure HNO_3

Methanol CH_3OH .

Nachdem wir uns diese Hilfsmittel und Chemikalien soweit wie möglich beschafft haben, beginnen wir damit, die *Arbeitstechnik* zu erlernen. Auch wenn nicht alle Chemikalien sogleich greifbar sind, läßt sich die eine oder andere Nachweisreaktion durchführen. Die einfachsten Elementnachweise haben wir auf den Seiten 87 bis 92 beschrieben, und man ersieht aus der Zusammenstellung auch, welche Hilfsmittel jeweils vorhanden sein müssen. Zuerst übe man sich darin, ununterbrochen zu blasen. Das Lötrohr wird nur mit einer Hand gehalten und leicht gegen den Mund gedrückt. Man atmet gleichmäßig und ruhig durch die Nase ein und aus, und der Luftvorrat im Mund wird ständig aufgefüllt. Die Untersuchungen erfolgen entweder mit der Oxydations- oder mit der Reduktionsflamme. Wenn man eine oxydierende Wirkung erreichen will, so hält man beim Blasen die Lötrohrspitze in den nichtleuchtenden Teil der Flamme. Die Flamme bildet dann einen langen,

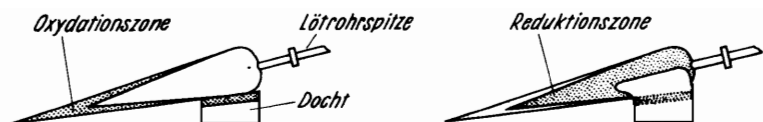


Abb. 35: Oxydationsflamme (links) und Reduktionsflamme (rechts)

blauen, von einem schwach leuchtenden Saum umgebenen Kegel (s. Abb. 35). Mit der schwach leuchtenden Zone der Flamme, die 2 bis 4 mm entfernt von der Spitze am heißesten ist, wird die Probe berührt. Soll eine reduzierende Wirkung erzielt werden, dann halten wir das Lötrohr an den Rand der Flamme und lenken sie mit dem Luftstrom in mehr oder weniger horizontale Richtung. Die Substanz wird in diesen leuchtendgelben Kegel hineingehalten, in dem glühende Kohleteilchen vorhanden sind und eine reduzierende Wirkung ausüben. Eine gute Reduktionsflamme ist nicht leicht zu erzeugen (s. Abb. 35). Mit einem kleinen Splitter Braunit = Mn_2O_3 kann man auf einfache Weise prüfen, ob die Reduktionsflamme gut ist. Die Substanz löst sich in der Boraxperle auf und färbt die Perle rot. Beim richtigen reduzierenden Blasen wird das Mn_2O_3 zu MnO reduziert, und die Perle wird farblos (Perlreaktionen siehe Versuchsanleitung Nr. 6 im folgenden Text). Nach diesen grundlegenden Bemerkungen sollen die *gebräuchlichen Untersuchungsverfahren* besprochen werden.

1. *Erhitzen der Probe mit oder ohne Zugabe von Chemikalien im Glaskölbchen.* Besonders Substanzen mit nichtmetallischem Glanz werden dieser Prüfung unterzogen. Man beobachtet, ob die Probe Wasser oder andere flüchtige Stoffe abgibt, sublimiert, schmilzt, verkohlt (organische Stoffe!) oder ihre Farbe verändert.
2. *Erhitzen der Probe im geschlossenen Glasröhrchen.* Diese Behandlung eignet sich vor allem für Minerale mit Metallglanz, wie Sulfide, Arsenide, Selenide usw., die dabei flüchtige Bestandteile abgeben.
3. *Erhitzen der Probe im offenen Glasröhrchen.* Bei reichlicher Sauerstoffzufuhr – man hält das Glasrohr etwas schräg nach oben und erzeugt so eine Kaminwirkung – wird die Substanz abgeröstet. Es bilden sich charakteristische Beschläge bzw. Sublimate, und mitunter ist ein kennzeichnender Säuregeruch wahrzunehmen.
4. *Erhitzen der Probe auf Kohle.* Die pulverisierte Mineralprobe wird in ein kleines Grübchen gedrückt und mit der Oxydationsflamme berührt. Man hält die Kohle parallel zur Flamme und etwas schräg nach oben, so daß sich die entstehenden flüchtigen Stoffe auf der Kohle als Beschläge absetzen können. Bei einem weißen oder grauen Rückstand wird ein Tropfen Kobaltnitratlösung auf die Probe gegeben und nochmals geglüht. Nach dem Erkalten können unter Umständen charakteristische Farben auftreten. Zur Unterscheidung von Blei und Wismut versetzt man die Substanz mit der gleichen Menge eines Kaliumjodid-Schwefel-Gemischs.
5. *Reduktion von Verbindungen zu Metallen auf Kohle.* Wenn man eine Reduktion erzielen will, gibt man meist Soda in zwei- bis dreifacher Menge zur Substanz und bläst längere Zeit reduzierend. Gelingt es, einen Metalltropfen zu schmelzen, so wird anschließend dessen Dehnbarkeit untersucht und geprüft, ob die Metallfitter von einem Magneten angezogen werden oder nicht.

6. *Perlreaktionen am Magnesiastäbchen.* Das glühende Magnesiastäbchen wird in Borax bzw. Phosphorsalz getaucht, und vom anhaftenden Material wird eine glasklare Perle geschmolzen. Mit der heißen Perle nimmt man Mineralpulver auf und löst es in der Oxydationsflamme. Man beobachtet die Farbe der Perle und die Farbänderung beim Abkühlen und stellt anschließend fest, ob sich beim reduzierenden Blasen eine andere Farbe ergibt. Winzige Substanzmengen genügen in den meisten Fällen.
7. *Schmelzbarkeit und Flammenfärbung.* Ein kleiner Mineralsplitter wird mit der Pinzette in den heißesten Teil der Oxydationsflamme gehalten (2 bis 4 mm von der Flammenspitze entfernt). Nach einer von v. KOBELL aufgestellten Skala läßt sich der Grad der Schmelzbarkeit in sechs Stufen gliedern:

	<i>Mineralbeispiel</i>
a) Sehr leicht schmelzbar (bereits am Streichholz)	Antimonit
b) Leicht schmelzbar (dünne Nadeln am Streichholz)	Natrolith
c) Gut schmelzbar (nur vor dem Lötrohr)	Almandin (Granat)
d) Schwer schmelzbar (gut an den Kanten)	Amphibol
e) Schwer schmelzbar an den Kanten	Orthoklas
f) Kaum schmelzbar (nur feinste Spitzen werden abgerundet)	Bronzit

Im gleichen Untersuchungsgang bestimmt man die Flammenfärbung. Substanzen, die beim Erhitzen zerspringen, werden pulverisiert und am Magnesiastäbchen nach Befeuchten mit etwas konzentrierter Salz- oder Schwefelsäure aufgenommen. Schwache Färbungen lassen sich nur vor einem dunklen Hintergrund erkennen.

8. *Verhalten gegenüber Lösungsmitteln.* In Verbindung mit den Lötrohruntersuchungen wird geprüft, ob sich das Mineral in Lösung bringen läßt. Es lösen sich
- in *Wasser*: Nitrate, einige Chloride, Sulfate, Borate und Karbonate;
 - in *Salzsäure*: Karbonate, einige Sulfide, Sulfate, Borate, Phosphate und Silikate; Eisenoxide und Eisenhydroxide;
 - in *Salpetersäure*, jedoch nicht in Salzsäure: die meisten Sulfide und Sulfosalze;
 - in *Flußsäure*: Kieselsäure SiO_2 und fast alle Silikate;
 - in *Königswasser*, einem Gemisch aus konzentrierter Salz- und Salpetersäure im Verhältnis 3 zu 1: Gold und Platin.

Bei Löslichkeitsuntersuchungen achte man darauf, ob sich Gase entwickeln, die Lösung gefärbt wird oder Rückstände auftreten.

Es würde zu weit führen, die einzelnen Untersuchungsgänge genau zu beschreiben. Wir begnügen uns im folgenden Text damit, einige wichtige Elementnachweise, die leicht durchzuführen sind, zusammenzustellen. Darüber hinaus ist bei vielen Mineralen im Bestimmungsteil das Lötrohrverhalten angegeben.

Wer sich intensiver mit der Lötrohranalyse befassen möchte, dem empfehlen wir folgende Literatur:

Allgemeine Lötrohrprobierkunde. 1. Lehrbrief (Bergakademie Freiberg/Fernstudium)

Tabellen zur qualitativen Lötrohranalyse. KLEBER-LENZEN, Bonn 1947

Lötrohrprobierkunde. HENGLEIN, Sammlung Göschen Band 483, Berlin 1949

Zusammenstellung einfacher chemischer Nachweise der Elemente zur Prüfung auf Anwesenheit

Aluminium Al

Mineralpulver mit Kobaltnitratlösung befeuchten und glühen – Blaufärbung (THENARDS Blau); Störung durch Fe und Mn; Zink gibt ähnliche Reaktion

Antimon Sb

Glühen auf Kohle → weißer Rauch; weißer Beschlag mit bläulichem Schimmer
Reduktion mit Soda auf Kohle → sprödes Metallkorn

Arsen As

Glühen auf Kohle → bläulicher Rauch; weißer, leicht mit der Flamme vertreibbarer Beschlag in großer Entfernung von der Probe, der Rauch hat einen charakteristischen Knoblauchgeruch (giftig!)

Barium Ba

Flammenfarbe → gelblichgrün; Glühen der Probe auf Kohle → starkes Leuchten

Beryllium Be

Im geschlossenen Röhrchen mit Natriumhydroxid NaOH erhitzen, mit Wasser verdünnen und wenig 0,005%ige alkoholische Chinalizarinlösung zugeben → tiefblaue Farbe

Blei Pb

Mineralprobe läßt sich auf Kohle (mit und ohne Soda) zu Blei reduzieren → dehnbares Metallkorn; ringsherum bildet sich ein gelber Beschlag, der mit Kaliumjodid und Schwefel in der Hitze reagiert, wobei abermals ein gelber Beschlag entsteht (siehe Wismut)

Bor B

Mineralpulver mit Schwefelsäure H_2SO_4 und Methanol anrühren, am Magnesiastäbchen aufnehmen und erhitzen → grüne Flamme (Borsäuremethylester)

Brom Br

Substanz im geschlossenen Röhrchen mit $KHSO_4$ schmelzen → rotgelbe Bromdämpfe, stechender Geruch

Chlor Cl

Gepulverte Substanz mit Kupferoxid vermengen, mit Wasser anfeuchten und mit scharfer Flamme berühren → blaue, danach grüne Flammenfarbe

Chrom Cr

Oxydationsschmelze (Soda + Salpeter) auf Magnesiastäbchen → hellgelbes, wasserlösliches Natriumchromat

Eisen Fe

Reduktion der Substanz mit Soda auf Kohle → magnetische Metallflitter

Fluor F

Substanz mit konzentrierter Schwefelsäure H_2SO_4 versetzen → der sich bildende HF ätzt Glas so, daß es von konzentrierter H_2SO_4 nicht mehr benetzt wird

Gold Au

Reduktion der Probe mit Soda auf Kohle → blaßgelbes, dehnbares Goldkorn, das nur in Königswasser löslich ist. Im geschlossenen Röhrchen Lösung mit SnCl_2 versetzen → purpurrote oder braune Farbe (CASSIUSscher Goldpurpur)

Jod J

Substanz im geschlossenen Röhrchen mit KHSO_4 schmelzen → violette Joddämpfe, die mit Stärkekleister bestrichenen Papier blau färben

Kadmium Cd

Bei Reduktion der Substanz mit Soda auf Kohle bildet sich ein dunkelbrauner Beschlag, der nach außen bunt aussieht („Pfauenauge“)

Kalium K

Flammenfärbung → violett (Kontrolle mittels blauer Kobaltglasscheibe)

Kalzium Ca

Flammenfarbe → gelbrot

Beim Glühen auf Kohle → starkes Leuchten; die mit Kobaltnitratlösung ge-
glühte Probe wird grau (Oxidpulver)

Kobalt Co

Boraxperle oxydierend und reduzierend → smalteblau

Kohlenstoff C

1. Karbonate: Substanz im geschlossenen Röhrchen mit HCl übergießen → CO_2 -Gasentwicklung (Einleitung in Bariumhydroxidlösung → Trübung)
2. elementarer Kohlenstoff: Substanz verbrennt im offenen Rohr, Graphit nur bei sehr hohen Temperaturen

Kupfer Cu

Flammenfarbe nach Befeuchten mit HCl → blau, danach grün

Reduktion mit Soda auf Kohle → metallische, dehnbare Kupferflitter

Lithium Li

Flammenfarbe → karminrot

Magnesium Mg

Glühen der Substanz auf Kohle → starkes Leuchten; nach Anfeuchten mit Kobaltnitratlösung und nochmaligem Glühen des Oxidpulvers → fleischrote Farbe

Mangan Mn

Boraxperle oxydierend → heiß tiefviolett, kalt rotviolett

Boraxperle reduzierend → farblos

Oxydationsschmelze (Soda + Salpeter) → blaugrün

Molybdän Mo

Phosphorsalzperle oxydierend → heiß gelbgrün, kalt farblos-gelblich

Phosphorsalzperle reduzierend → heiß dunkelgrün, stumpf; kalt leuchtend grün

Substanz mit konzentrierter HNO_3 auflösen, eindampfen, mehrfach wiederholen → tiefblaue Farbe

Natrium Na

Flammenfarbe → gelb (schon bei geringen Spuren)

Nickel Ni

Boraxperle oxydierend → kastanienbraun

Boraxperle reduzierend → grau (bis farblos)

Reduktion mit Soda auf Kohle → magnetische Metallfitter (Unterscheidung von Eisen durch Perlenreaktion)

Phosphor P

Substanz im geschlossenen Röhrchen mit Magnesium schmelzen und Schmelzkuchen in Wasser zerstoßen → Phosphin- (PH_3 -) Entwicklung, typischer Karbidgeruch (giftig!)

Platin Pt

Reduktion des Mineralpulvers mit Soda auf Kohle → graue, unmagnetische Metallfitter, in Säuren unlöslich

Quecksilber Hg

Substanz im geschlossenen Röhrchen mit Soda mäßig erhitzen → Quecksilberdampf entweicht und schlägt sich an kühleren Glasteilen tropfenförmig nieder (giftig!)

Schwefel S

Im geschlossenen Röhrchen stark erhitzen → Schwefel schlägt sich an kühlerer Glaswandung nieder (hochgeschwefelte Sulfide)

Im offenen Röhrchen stark erhitzen → SO_2 entweicht und läßt sich am stechenden Geruch erkennen (alle Sulfide)

Substanz mit Soda auf Kohle schmelzen und Schmelzkuchen abschaben, auf Silberblech aufbringen und mit Wasser befeuchten → schwarzer bis brauner Fleck = Heparprobe (alle Schwefelverbindungen)

Selen Se

Flammenfarbe → kornblumenblau

Substanz auf Kohle erhitzen → stahlgrauer Beschlag; braune Dämpfe mit Geruch nach faulem Rettich (giftig!)

Silber Ag

Verbindungen lassen sich mit Soda auf Kohle reduzieren → dehnbares Metallkorn, silberweiß

Silizium Si

Phosphorsalzperle → „Kieselsäureskelett“ im Inneren der Perle (Aluminium und Phosphor geben ähnliche Reaktion)

Stickstoff N

1. Nitrate: Schmelzen mit KHSO_4 im geschlossenen Röhrchen → braunrote nitrose Gase, Geruch nach salpetriger Säure

2. Ammoniumverbindungen: Schmelzen mit Soda im geschlossenen Röhrchen → Ammoniak (Geruch, Blaufärbung von rotem Lackmuspapier)

Strontium Sr

Flammenfarbe → purpurrot

Tellur Te

Erhitzen der Probe auf Kohle → weißer Beschlag, der in der Reduktionsflamme unter grünem Schein verfliegt

Titan Ti

Phosphorsalzperle oxydierend → heiß gelb bis farblos, kalt farblos

Phosphorsalzperle reduzierend → heiß gelb, kalt violett

Uran U

Boraxperle → fluoresziert im ultravioletten Licht

Photoplatte → wird durch Verpackung hindurch geschwärzt

Vanadium V

Boraxperle oxydierend → heiß gelbgrün, kalt farblos

Boraxperle reduzierend → heiß schmutziggrün, kalt leuchtendgrün

Schmelzen der Substanz mit KHSO_4 im geschlossenen Röhrchen → gelber Schmelzkuchen

Wismut Bi

Reduktion mit Soda auf Kohle → spröde Metallkugel; braungelber Oxidbeschlag, der mit Kaliumjodid und Schwefel in der Hitze unter Bildung eines ziegelroten Beschlags reagiert (siehe Blei)

Wolfram W

Oxydationsschmelze mit Soda + Salpeter, Schmelzkuchen in Wasser lösen und mit konzentrierter HCl ansäuern, Zinkgranulat zugeben → blaue Farbe. Substanz im geschlossenen Röhrchen ca. 30 Minuten in $\text{HNO}_3 + \text{HCl}$ (1 : 3) kochen → gelber Überzug

Zink Zn

Reduktion der Probe mit Soda auf Kohle ergibt *kein* metallisches Korn; in der Hitze → gelblicher, kalt weißer Beschlag, der nach Anfeuchten mit Kobaltnitratlösung und Glühen gelbgrün wird (RINMANS Grün)

Zinn Sn

Reduktion auf Kohle mit Soda oder Kaliumoxalat $\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4$ → metallisches Zinn in feinen Flitterchen (nach Zerreiben der Schmelze und Abschlämmen der Kohle)

Elementnachweis durch Erhitzen im geschlossenen Glasröhrchen

Eigenschaft und Farbe des Beschlags	Element
heiß: schwarz kalt: kirschrot	Antimon (neben Schwefel)
weiß, kristallin, bei größerem Metallgehalt schwarz	Arsen
heiß: dunkelrot bis braun kalt: feuerrot	Arsen (neben Schwefel)
graue Tröpfchen	Quecksilber
blauschwarz, durch Reiben rot	Quecksilber (neben Schwefel)
gelb	Schwefel

Elementnachweis durch Erhitzen im offenen Glasröhrchen

Eigenschaften und Verhalten des Beschlags	Geruch	Element
weiß, unschmelzbar, dünne Partien flüchtig	ohne	Antimon
weiß, kristallin und leicht flüchtig	knoblauchartig	Arsen
Spiegel von Quecksilbertröpfchen (Lupe!)	ohne	Quecksilber
ohne	stechend	Schwefel
stahlgrau bis rot	faulende Rettiche	Selen
weiß; evtl. grauschwarz bis braun	ähnl. Schwefelkohlenstoff	Tellur
heiß: dunkelbraun kalt: gelb	ohne	Wismut

Elementnachweis durch Oxidbeschlag auf Kohle

Farbe und Beschaffenheit des Beschlags	Verhalten bei Flammenberührung	Element
weiß, in dünnen Lagen bläulich; nahe der Probe	vertreibbar mit fahlgrünem Schein	Antimon
weiß, in dünnen Lagen grau bis braun	vertreibbar mit fahlblauem Schein	Arsen
heiß: orangegelb, kalt: schwefelgelb mit Stich ins Grünliche, oft blauweißer Saum	vertreibbar mit blauer Flammenfärbung	Blei
in Probennähe fast schwarz, weiter entfernt rotbraun und in dünnen Lagen orangegelb; pfauenschweifffarben angelaufen	vertreibbar	Kadmium
heiß: gelblich, kalt: weiß in Probennähe	bei schwacher Berührung dunkelblau	Molybdän
nahe der Probe stahlgrau und schwach metallisch glänzend, weiter entfernt dunkelgrau, matt mit rotem Saum	flüchtig mit azurblauem Schein	Selen
schwach rotbraun, in Probennähe		Silber
heiß: dunkelorangegelb, kalt: zitronengelb, entfernt von der Probe; häufig weißlichgelber Saum	vertreibbar	Wismut
heiß: gelb, kalt: weiß, unmittelbar an der Probe	stark leuchtend, kaum flüchtig, mit Kobaltilösung geglüht: hellgelbgrün	Zink
heiß: blaßgelb, unscheinbar, kalt: weiß, unmittelbar an der Probe	nicht flüchtig, mit Kobaltilösung geglüht grünblau	Zinn

Elementarnachweis durch Farbreaktionen der Borax- und Phosphorsalzperle

Boraxperle		Phosphorsalzperle			
Oxydation		Reduktion		Oxydation	Reduktion
kalt	heiß	kalt	heiß	kalt	heiß
blau					
grün	dunkelgelb	blau		blau	blau
hellblau	grün	grün	farblos	rötlich, dann schmutziggrün, zuletzt rein grün	grün
gelb-farblos	gelbrot	grünlich		blaugrün- hellblau	farblos- grünlich
rotviolett	violett	farblos		gelbrot, dann gelbgrün, zuletzt bräunlich	grünlich
farblos	gelblich	braunschwarz	braun	violett	farblos
rotbraun	violett	farblos		farblos	grün
farblos	gelblich	gelbbraun		gelb-rötlich	rötlich- gelblich
gelblich	gelbrot	grün		farblos	violett
grüngelb	gelblich	hellgrün	bräunlich	gelbgrün	(Fe-Gehalt rot)
farblos	gelb-farblos	hellbraun-gelb	gelb	gelb	grün
				farblos	blau
farblos		farblos		als Skelett in der Perle schwimmend	rot)
					SiO ₂

DIE BILDUNGSWEISE DER MINERALE

Minerale können sich innerhalb der Erdkruste und an der Erdoberfläche in vielerlei Weise bilden. Manche haben sich aus heißen Quellwässern abgeschieden, andere sind aus Gesteinsschmelzen kristallisiert.

Nur in den seltensten Fällen konnte die Bildung von Mineralen beobachtet werden. Solche Kristallisationen aus heißen Gasen und Wässern, wie wir sie aus dem „Tal der 10000 Dämpfe“ in Alaska oder von den vulkanischen Aushauchungen der Insel Vulcano kennen, haben uns wichtige Einblicke in die Bildungsweise verschafft. In der Tiefe ablaufende Prozesse lassen sich indessen nur verstehen, wenn die Naturbeobachtung durch Laboratoriumsversuche ergänzt wird. Die Entstehung von Mineralen ist in der Regel an langdauernde geologische Vorgänge geknüpft.

Im Verlauf der Erdgeschichte haben sich bestimmte Mineralgemeinschaften, sei es nun als Gesteine oder als Minerallagerstätten, an verschiedenen Stellen der Erdkruste in ähnlicher Weise ausgebildet. Es müssen somit gleiche oder ähnliche Bedingungen an verschiedenen Orten und zu verschiedenen Zeiten geherrscht haben. Da wir die mineralbildenden Prozesse als Folge wiederkehrender und experimentell nachahmbarer physikalisch-chemischer Bedingungen auffassen können, sind wir auch in der Lage, jede Mineralgemeinschaft einem natürlichen Bildungsbereich zuzuordnen. Besonders bei der planmäßigen Suche nach neuen nutzbaren Mineralvorkommen sind diese Kenntnisse von großer Bedeutung. Aber auch der Mineralsammler sollte die Bildungsweise der Minerale in groben Zügen kennen, damit er zu beurteilen vermag, welche Minerale und Mineralgemeinschaften in einem Gebiet zu erwarten sind.

Von alters her unterscheiden wir zwischen *Gesteinen* als Mineralgemengen, die größere Räume der Erdkruste einnehmen, und *Minerallagerstätten* mit verhältnismäßig geringer Ausdehnung. An der stofflichen Zusammensetzung der meisten Gesteine beteiligt sich eine sehr begrenzte Anzahl von Mineralen. Dagegen gibt es auf den Minerallagerstätten – dazu rechnen die Erzlagerstätten – eine Vielzahl von Mineralen, die außerdem oft gut ausgebildet sind. Die Minerallagerstätten findet man zumeist in Gangausfüllungen, Drusen und anderen Hohlräumen im Gestein, weshalb der Sammler derartigen Stellen besondere Aufmerksamkeit schenkt. Fast alle Stufen (= kennzeichnende Mineralfunde für Sammlungen) mit frei entwickelten Kristallen und mit Erzmineralen entstammen solchen Vorkommen. Nicht immer jedoch ist zwischen Gesteinen und Minerallagerstätten scharf zu trennen.

Die Entstehung der Gesteine und die Bildung der Minerallagerstätten sind eng miteinander verknüpft. Es liegt deshalb nahe, sie gemeinsam zu besprechen. Wir kennen drei große Gruppen von Gesteinen:

1. *Magmatische Gesteine* oder *Erstarrungsgesteine*
2. *Sedimentgesteine* oder *Absatzgesteine* und
3. *Metamorphe Gesteine* oder *Umwandlungsgesteine*.

Alle mineralbildenden Vorgänge lassen sich einer dieser drei Gesteinsgruppen zuordnen. Da es innerhalb dieser Gruppen einander ablösende Vorgänge gibt, sprechen wir auch von einer magmatischen, sedimentären und metamorphen *Abfolge*.

Bevor wir uns mit den Prozessen der Gesteinsbildung im einzelnen befassen, geben wir erst einmal einen Überblick über die Entstehung dieser drei Gesteinsgruppen:

1. Magmatische Gesteine

(Erstarrungsgesteine) bilden sich, wenn eine Gesteinsschmelze in der Tiefe – als Magma – oder an der Erdoberfläche – als Lava – kristallisiert. Die Art der Minerale, die sich aus der Schmelze abscheiden, und die Reihenfolge ihrer Kristallisation hängt im wesentlichen von der chemischen Zusammensetzung der Schmelze ab. Nach dem Ort der Gesteinserstarrung untergliedern wir in *Tiefengesteine*, *Oberflächengesteine* und *Ganggesteine* (oder in gleicher Reihenfolge: abyssische, effusive und hypabyssische Gesteine).

2. Sedimentgesteine

(Absatzgesteine) sind Bildungen, die sich an der Erdoberfläche – auf dem Festland, im Meer oder in festländischen Oberflächengewässern – abgesetzt haben. Wenn sie locker sind, sprechen wir von Sedimenten, wenn sie ohne wesentliche Veränderung des Mineralbestands verfestigt (verkittet) wurden, von Sedimentgesteinen. Absatzgesteine entstehen dadurch, daß alle Gesteine an der Erdoberfläche der Verwitterung ausgesetzt sind. Durch mannigfaltige Vorgänge, wie mechanische Verwitterung mit Zerfall des Gesteins oder chemische Verwitterung, werden die Voraussetzungen für den Transport im festen oder gelösten Zustand geschaffen. Nach mehr oder weniger großem Transportweg bilden sich auf mechanischem, anorganisch-chemischem oder biochemischem Weg neue Gesteine. Sandsteine, Kalksteine, Kohlen und Salzgesteine sind allgemein bekannte Absatzgesteine.

3. Metamorphe Gesteine

(Umwandlungsgesteine) entstehen, indem Gesteine der beiden ersten Gruppen in tieferen Teilen der Erdkruste, wo höhere Temperaturen und größere Drucke herrschen, umgebildet werden, und zwar vorwiegend in festem Zustand. Wenn diese Umbildung auf den Einflußbereich erstarrender Magmen begrenzt ist, die in ihrer Umgebung eine starke Temperaturerhöhung hervorrufen, sprechen wir von *kontaktmetamorphen Gesteinen* (oder kurz „Kontaktgesteinen“). Erstreckt sich die Gesteinsumbildung auf größere Bereiche, z. B. durch Versenkung ausgedehnter Komplexe in größere Tiefe, dann entstehen *regional-metamorphe Gesteine*. In einer gewissen Tiefe werden die bereits umgewandelten Gesteine teilweise aufgeschmolzen. Wenn sich eine solche Schmelze mit dem restlichen Material vermengt, bilden sich *Mischgesteine* oder *Migmatite*. Im hochmetamorphen Bereich verfließen die Grenzen zwischen Erstarrungs- und Umwandlungsgesteinen.

Die Gesteine erscheinen den meisten Menschen als die Verkörperung des Unwandelbaren, jedoch verändern sie sich im Verlauf der Erdgeschichte ständig durch zumeist unmerklich langsame Krustenbewegungen. Es entstehen untermeerische Senken, in denen immerzu neues Material abgesetzt wird und Sedimente bildet. Die Absatzgesteine werden im Verlauf der Zeit verfestigt und in größere Tiefen abgesenkt. Im Zuge gebirgsbildender Vorgänge kristallisieren sie sich zu metamorphen Gesteinen um, oder sie werden in der Tiefe teilweise oder völlig aufgeschmolzen und dadurch in magmatische Gesteine verwandelt. Nach vielen hundert Millionen Jahren werden diese Metamorphite und Magmatite wieder an die Erdoberfläche emporgehoben, wo sie der Verwitterung und Abtragung ausgesetzt sind. Auf diese Weise entstehen erneut Sedimente. Wir sprechen von einem „Kreislauf der Gesteine“, dessen wesentliche Stadien aus der Abbildung 36 hervorgehen. Durch neuere Forschungen ist bekannt, daß die heute vorliegenden magmatischen Gesteine überwiegend durch Aufschmelzung fester Gesteine entstanden. Wir sprechen von einer Wiedergeburt oder Palingene der Erstarrungsgesteine.

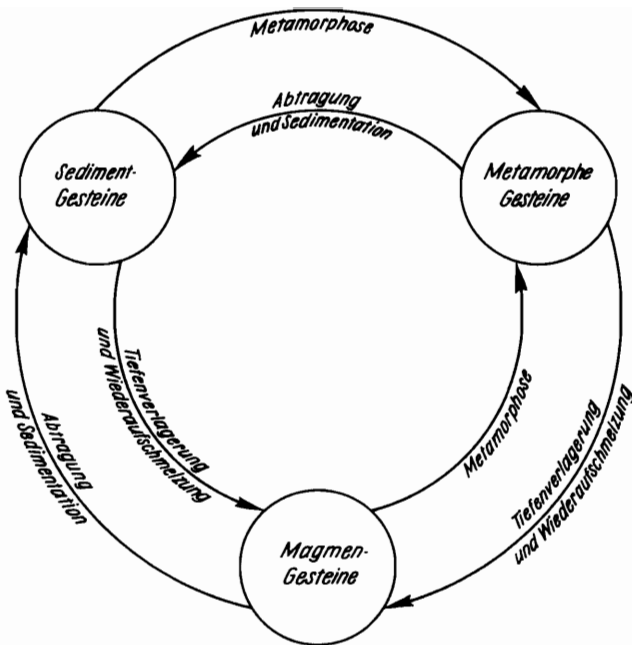


Abb. 36: Schematische Darstellung des Kreislaufs der Gesteine (nach RONNER 1964)

Ein „Urbirge“ und sogenannte „Urgneise“ im Sinne einer sehr alten – vielleicht ersten – Erdkruste, die sich als Schlackenschicht aus einer glutflüssigen Silikatschmelze bildete, gibt es nirgends mehr. Der norwegische Petrologe Tom W. F. BARTH berechnete, daß die durch Verwitterung umgesetzte Menge kontinentaler Gesteine einer durchschnittlichen Gesamtabtragung von 30 bis 60 km Tiefe entspreche. Mit anderen Worten heißt das, der Stoffbestand der Festländer hat wiederholt den geologischen Kreislauf der Gesteine durchlaufen.

Wie weit sind nun die einzelnen Mineralarten und -gruppen am Aufbau der Erdkruste beteiligt? Man hat überschlagsmäßig berechnet, daß sich die 16-km-Kruste zu 95 Gewichtsprozent aus Erstarrungs- und Umwandlungsgesteinen und nur zu 5% aus Absatzgesteinen zusammensetzt. Hingegen sind $\frac{3}{4}$ der Erdoberfläche von Sedimenten bedeckt, und nur $\frac{1}{4}$ wird von Erstarrungs- und Umwandlungsgesteinen eingenommen (siehe Abb. 37). Über den durchschnittlichen Mineralbestand der Gesteine sind wir recht gut unterrichtet. Im Grunde genommen ist er ziemlich einheitlich – die Gesteine setzen sich im wesentlichen aus Silikatmineralen zusammen und herrschen gegenüber den mengenmäßig untergeordneten Minerallagerstätten stark vor. Es verwundert daher nicht, wenn nur eine begrenzte Zahl von Mineralarten bzw. -gruppen den Hauptteil des Krustenmaterials ausmacht. Ganz ähnlich wie bei den chemischen Grundstoffen, wo nur wenige der 92 natürlichen Elemente etwa 99 Gewichtsprozent der Erdkruste darstellen, verhält es sich bei den Mineralen.

Über den Anteil der einzelnen Minerale bzw. Mineralgruppen an der Zusammensetzung der Erdkrinde liegen Berechnungen mehrerer Forscher vor, die zwar nicht völlig übereinstimmen, in groben Zügen jedoch ähnliche Resultate erbringen (s. unten). Danach überwiegen die Minerale der *Feldspatgruppe*, das sind Plagioklas, Orthoklas, Mikroklin und Sanidin, bei weitem. Einen wesentlich geringeren, immerhin noch beachtlichen Teil stellen dunkle Silikate, die wir zur *Augit- und Hornblendegruppe* zusammenfassen, und *Quarz*. Sodann sind mit durchschnittlich 3 Gewichtsprozent die *Glimmerminerale*, wie Biotit und Muskovit, und die Eisenoxide *Magnetit* und *Hämatit* vertreten. Der *Calcit*, dessen Hauptvorkommen die Kalksteine sind, und die umfangreiche und mineralogisch komplizierte Gruppe der Tonminerale bilden je 1,5% des durchschnittlichen Mineralbestands. Alle anderen Minerale und Mineralgruppen sind mit weniger als 9 Gewichtsprozent am Aufbau der 16-km-Kruste beteiligt. So ergeben z. B. *alle* Sulfide, die ja zum Teil wichtige Schwermetallerze darstellen, nicht mehr als 0,3%. Ebenso wie viele andere Minerale werden sie nur unter ganz bestimmten Bedingungen gebildet oder angereichert.

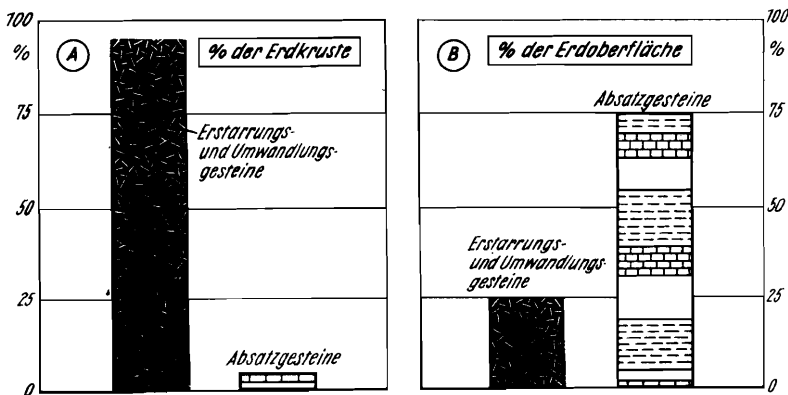
Der durchschnittliche Bestand an Mineralen in der 16 km mächtigen Erdkrinde (nach FERSMAN):

Feldspatgruppe (Plagioklas, Orthoklas usw.)	55,0 Gewichtsprozent
Augite, Hornblenden	15,0 Gewichtsprozent
Quarz	12,0 Gewichtsprozent
Glimmergruppe (Biotit, Muskovit usw.)	3,0 Gewichtsprozent
Magnetit und Hämatit	3,0 Gewichtsprozent
Calcit	1,5 Gewichtsprozent
Tonminerale	1,5 Gewichtsprozent
alle übrigen Minerale	9,0 Gewichtsprozent

Nachdem wir uns einen Überblick über die Entstehung der drei großen Gesteinsgruppen verschafft haben, wollen wir uns nun den einzelnen Prozessen der Gesteinsbildung zuwenden und sehen, welche Minerale und Mineralaggregate ihnen zugeordnet sind.

Abb. 37: Der relative Anteil der Gesteinsgruppen:

A = in der gesamten 16-km-Kruste; B = an der unmittelbaren Erdoberfläche



Die magmatische Abfolge

Alle Minerale und Gesteine, die dadurch entstanden, daß glutheiße Silikatschmelzen an der Erdoberfläche oder im Erdinneren erstarrten, stellen wir zur magmatischen Abfolge.

Die Existenz von Gesteinsschmelzen ist aus zwei Gründen unbestreitbar. Sie wird uns einmal durch gegenwärtig tätige Vulkane, denen glutflüssige Massen entströmen, vor Augen geführt. Zum anderen beweisen Laboratoriumsversuche, daß feste Gesteine bei den in größerer Tiefe der Erdkruste herrschenden Temperaturen und Drucken teilweise oder – wenn sie entsprechend zusammengesetzt sind – völlig aufgeschmolzen werden. Solche Experimente wurden in großem Umfang und sehr systematisch vor allem von H. G. F. WINKLER und H. v. PLATEN durchgeführt. Diese beiden Wissenschaftler haben nicht nur die Schmelzbildung innerhalb der Gesteinskruste bestätigt, auf die man, von Geländebeobachtungen ausgehend, geschlossen hatte, sondern sie konnten diesen Vorgang auch in vielen Einzelheiten nachzeichnen.

Entweder erreichen Gesteinsschmelzen die Erdoberfläche, oder sie erstarren innerhalb der Erdkruste. Innerhalb der Kruste erstarren vorwiegend die aus Quarz, Kalifeldspat, Plagioklas und etwas Biotit bestehenden *Granite* (95% aller Tiefengesteine). Dagegen sind die an der Oberfläche erstarrenden Gesteine zu 83% *Basalte*, die sich aus Plagioklas, Augit, Olivin und etwas Erz zusammensetzen. Das ist sicher kein Zufall, sondern erklärt sich letztlich aus dem Ursprungsort und den Eigenschaften dieser Schmelzen. *Basaltische Magmen* bilden sich in einer Tiefe von 50 bis 100 km im oberen Erdmantel und können auf Grund ihrer hohen Temperatur von 1200 bis 1500 °C, ihrer Zusammensetzung und ihres physikalisch-chemischen Verhaltens bis zur Erdoberfläche aufsteigen. *Granitische Magmen* bilden sich vorwiegend im Zusammenhang mit der höchstgradigen Gesteinsumwandlung in weniger als 20 km Tiefe. Die Temperatur der Granitschmelzen beträgt etwa 650 bis 800 °C, liegt also wesentlich niedriger als die Basaltschmelzen. Ein weiterer, bedeutsamer Unterschied besteht im Wassergehalt. Während die kieselsäureärmeren basaltischen Magmen nur sehr wenig Wasser enthalten, haben die granitischen Schmelzflüsse in der Regel mehrere Gewichtsprozent Wasser aufgenommen. Dieser hohe Wassergehalt bewirkt, daß die Schmelztemperatur und die Erstarrungstemperatur sehr eng beieinanderliegen. Eine geringe Aufwärtsbewegung (= Druckentlastung!) genügt, um eine Granitschmelze erstarren zu lassen. Wir müssen uns, da die Verhältnisse im einzelnen recht kompliziert sind, mit diesen Hinweisen begnügen.

Je nachdem, ob ein Silikatschmelzfluß an der Erdoberfläche oder in der Tiefe erstarrt, ergeben sich grundlegende Unterschiede. Wenn Magma an der Erdoberfläche austritt, wird es plötzlich vom Druck entlastet, und die in der Schmelze gelösten leichtflüchtigen Bestandteile sieden ab. Der schmelzflüssige Rückstand – die Lava – erstarrt schnell zu einem glasigen oder sehr feinkörnigen Mineralgemenge. Ein solches Gestein enthält manchmal größere Kristalle, die sich bereits beim Empordringen gebildet haben. Diese „Einsprenglinge“, welche in einer mehr oder weniger dichten Grundmasse liegen, ergeben das *porphyrische Gefüge*. Es kennzeichnet nicht selten die Ergußgesteine. Andere Oberflächengesteine erhalten durch die absiedenden Gase ein schaumiges bis blasiges Gefüge, wie wir es besonders von den Bimssteinen kennen. Werden die Blasenräume nachträglich von Mineralsubstanz ausgefüllt, so entstehen *Mandelsteine*.

Aus den vom Magma abgespaltenen heißen Gasen und Wässern, den Exhalationen (lat. *exhalatio* = Aushauchung), setzen sich Minerale in Form von Sublimaten und Sintern ab. An vulkanischen Gasaustritten finden wir unter anderem Salmiak, Halit, Schwefel, Realgar, Auripigment, Hämatit, Tenorit, Tridymit, Opal, Epsomit, Gips, Anglesit, Soda und Aragonit. Einige exhalativ gebildete Minerale, wie Schwefel, Cinnabarit und Sassolin, haben wirtschaftliche Bedeutung, obgleich solche Minerallagerstätten meist eine geringe Ausdehnung besitzen.

Die auf dem Meeresboden austretenden Gesteinsschmelzen geben ebenfalls ihre flüchtigen Stoffe ab, die dann mit dem Meerwasser reagieren. In mehr oder weniger großer Entfernung vom Magmenaustritt werden Minerale abgesetzt, deren Bildungsweise zwischen der magmatischen und der sedimentären Abfolge vermittelt. Da der Stoffbestand aus dem Magma stammt, die Mineralniederschläge am Meeresboden jedoch die Merkmale der Absatzgesteine aufweisen, sprechen wir von *exhalativ-sedimentärer* Mineralbildung. Auch dabei können wirtschaftlich wichtige Mineralanreicherungen entstehen. Vor allem Roteisenstein- und Manganerze, aber auch sulfidische Erzlager mit Pyrit, Chalkopyrit, Sphalerit und Galenit bilden sich auf diese Weise. Die bedeutende Lagerstätte des Rammelsberges bei Goslar und die Eisenerzvorkommen im Harz und im Lahn-Dill-Gebiet sollen – neben anderen Vorkommen – einen solchen Ursprung haben.

Anders als an der Erdoberfläche erstarren die mehr oder weniger wasserhaltigen Silikatschmelzen *innerhalb* der Erdkruste. Der wesentliche Unterschied besteht darin, daß in der Tiefe, wo größere Drücke und höhere Temperaturen herrschen, die leichtflüchtigen Bestandteile nicht ohne weiteres entweichen können. Bei höheren Temperaturen – im Durchschnitt steigt die Temperatur um 3 °C pro 100 m Tiefenzunahme – kristallisieren die Schmelzen in der Erdkruste sehr langsam. Die Tiefengesteine haben deshalb meist einen Mineralverband, in dem die einzelnen Kristalle deutlich erkennbar sind. Ihr Gefüge ist vollkörnig-regellos, denn die verschiedenen Minerale konnten weitgehend ungestört und langsam wachsen. Das typische Gefüge eines Tiefengesteins zeigt der Granit (Abb. 1, S. 17). Da es zwischen *Granit* und *Gabbro* zahlreiche Übergänge gibt, wurde noch vor kurzem angenommen, daß sich die Mehrzahl der Tiefengesteine oder Plutonite aus einem Magma von der chemischen Zusammensetzung des Gabbros bildet. Indessen läßt sich auf einfache Weise berechnen, daß die großen Granitmengen nicht durch Sonderung einer Gabbroschmelze entstanden sein können. Vielmehr müssen wir annehmen, daß einer gabbroiden Schmelze weitaus größere Mengen eines granitischen Magmas gegenüberstehen, das durch Aufschmelzung fester Gesteine entstanden ist.

Welche Stufenfolge sich bei der Kristallisation einer Silikatschmelze ergibt, hängt entscheidend von deren chemischer Zusammensetzung ab. Wenn wir im folgenden die einzelnen Stadien der magmatischen Mineralbildung betrachten, dann müssen wir uns dessen bewußt sein, daß wir die natürlichen Vorgänge nur schematisch darlegen können.

1. Magmatische Mineralbildung

In diesem Kapitel wollen wir uns mit der Entstehung von Mineralen direkt aus der Silikatschmelze befassen.

Sehr kieselsäurearme und heiße Schmelzen können sich bei Temperaturen von etwa 1500 °C an in eine Silikat- und eine Sulfidschmelze entmischen.

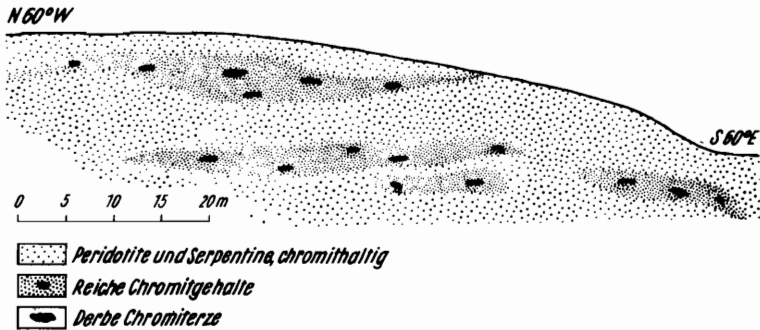
Dieser Vorgang heißt *liquid-magmatische Entmischung*. Er ist an tropfenförmigen Sulfidteilchen zwischen den Fe-Mg-Silikaten der dunklen Erstarrungsgesteine erkennbar. Nicht selten haben sich die in der Schmelze in geringer Konzentration enthaltenen Sulfide am Boden angereichert, indem die schwereren Sulfidschmelztropfen absanken. Nickelmagnetkies- und Kupferkieslagerstätten, die bei höheren Gehalten an Platin und Platinmetallen auch als Platinvorkommen wirtschaftliche Bedeutung erlangen, sind so entstanden.

Der Entmischung einer vorher einheitlichen Schmelze, die nur bei sehr kiesel-säurearmen Magmen eine Rolle spielt, schließt sich die *Frühkristallisation* an. In diesem Stadium kristallisieren aus der Schmelze vor allem die Magnesium-Eisen-Silikate Olivin und Augit und unter Umständen ein kalziumreicher Plagioklas. Gleichzeitig werden oxidische Erzminerale (Chromit, Titanomagnetit und Ilmenit), Platinlegierungen und gelegentlich Fe-Cu-Sulfide abgeschieden. Die Minerale der Frühkristallisation sinken in der Schmelze ab und häufen sich örtlich zu ultrabasischen und basischen Tiefengesteinen an, in denen gelegentlich bauwürdige Mengen an Erzmineralen enthalten sind. Die in dieser Phase der Magmenerstarrung angereicherten Elemente ersehen wir – ebenso wie die in den folgenden Stadien konzentrierten chemischen Grundstoffe – aus der Tabelle auf der folgenden Seite. Wie sich die oxidischen bzw. sulfidischen Erzminerale zu schlierenförmigen Lagerstätten zusammenschließen, dafür gibt die Abbildung 38 ein Beispiel. In diesem Fall ist aus einer kiesel-säurearmen („ultrabasischen“) Schmelze neben reichlich Olivin und etwas Augit das Erzmineral *Chromit* ausgeschieden worden. Durch Absinken des Chromits bildeten sich erzreiche Schlieren.

Im folgenden Stadium kristallisiert bei weiter sinkender Temperatur die Masse der Minerale, es entsteht der überwiegende Teil der Erstarrungsgesteine. Im Verlauf dieser als *Hauptkristallisation* bezeichneten Etappe sondern sich aus der Silikatschmelze in erster Linie die dunklen Silikate Augit, Hornblende und Biotit sowie die hellen Gemengteile Plagioklas, Orthoklas und Quarz ab.

Eine Beschreibung der Gesteine ist in diesem Buch nicht beabsichtigt, doch sollen die wichtigsten Erstarrungsgesteine genannt werden. Aus welchen Mineralen sie sich zusammensetzen, ist aus der Abbildung 39 ersichtlich. An Hand dieser Darstellung kann man Gesteine im Gelände grob bestimmen, falls sich ihre Gemengteile erkennen lassen.

Abb. 38: Schlierenförmige Chromitanreicherungen in einem ultrabasischen Erstarrungsgestein, wie sie bei der magmatischen Frühkristallisation entstehen



Verteilung der Elemente auf die einzelnen Stadien der magmatischen Abfolge
(SCHNEIDERHÖHN 1962)

Vertikalreihe Liquid- des lang- periodischen Systems	magmatische Entmischung und Früh- kristalli- sation	Haupt- kristallisation der Eruptiv- gesteine	Pegmatite	Pneuma- tolyte	Hydro- thermale Mineral- vorkommen
Ia		HNaKRb	HNaKCsLi	HLi	H
IIa	MgCa	MgCaSrBa	Be	Be	MgCaSrBa
IIIa			ScYLa	Sc	
IVa	Ti	TiZr	TiZr		
Va	V		NbTa	NbTa	
VIa	Cr		MoWU	MoW	WU
VIIa		Mn	Mn		Mn
VIIIa	FeCoNi RuRhPd OsIrPt Cu	Fe		FeCoNi	FeCoNiPd
Ib				CuAu	CuAgAu
IIb				Zn	ZnCdHg
IIIb		Al	AlB	B	GaInTl
IVb	CSi	Si	SiCSn	SiCSn	SiCGeSnPb
Vb		P	P	PAsBi	AsSbBi
VIb	OS	O	O	OS	OSSeTe
VIIb			FCI	FCI	FCI

Wenn die Feldbestimmung von Gesteinen in vielen Fällen durchführbar ist, dann verdanken wir das besonders zwei Umständen:

1. *Am Gesteinsaufbau beteiligt sich eine verhältnismäßig geringe Zahl von Mineralen.*
2. *Die Silikatschmelzen kristallisieren gesetzmäßig, so daß nur bestimmte Minerale in den Gesteinen zusammentreten.*

Die Abbildung 39 zeigt uns beispielsweise, daß es wohl Gesteine gibt, die aus Olivin, Augit und Plagioklas bestehen, andererseits jedoch keine Gesteine vorkommen, in denen Quarz und Olivin bzw. Nephelin und Quarz gemeinsam vorhanden sind. Gesteine mit reichlich *hellen* Bestandteilen führen als dunkle Minerale meist Biotit oder Hornblende oder beide, aber niemals Augit oder Olivin in größerer Menge.

Die Handstückbestimmung ist aus folgenden Gründen schwierig:

1. Nicht immer kann ohne Zuhilfenahme eines Mikroskops sicher zwischen Kalifeldspat und Plagioklas unterschieden werden. Als Anhaltspunkt sei die Tatsache erwähnt, daß plagioklasreiche Gesteine sich meist durch einen höheren Gehalt an dunklen Gemengteilen auszeichnen (Hornblende, Augit).
2. Die Gesteine werden mitunter nach dem Mineralchemismus abgegrenzt und nicht ausschließlich nach der Mengenbeteiligung der Minerale. Zum Beispiel wird die Grenze zwischen Diorit und Gabbro durch den Anorthitgehalt des Plagioklases bestimmt. (Enthält der Plagioklas weniger als 50% Anorthitanteil, handelt es sich um Diorit, übersteigt die Anorthitkomponente 50%, liegt Gabbro vor.) Die Mischkristallzusammensetzung des Plagioklases läßt sich mikroskopisch messen.

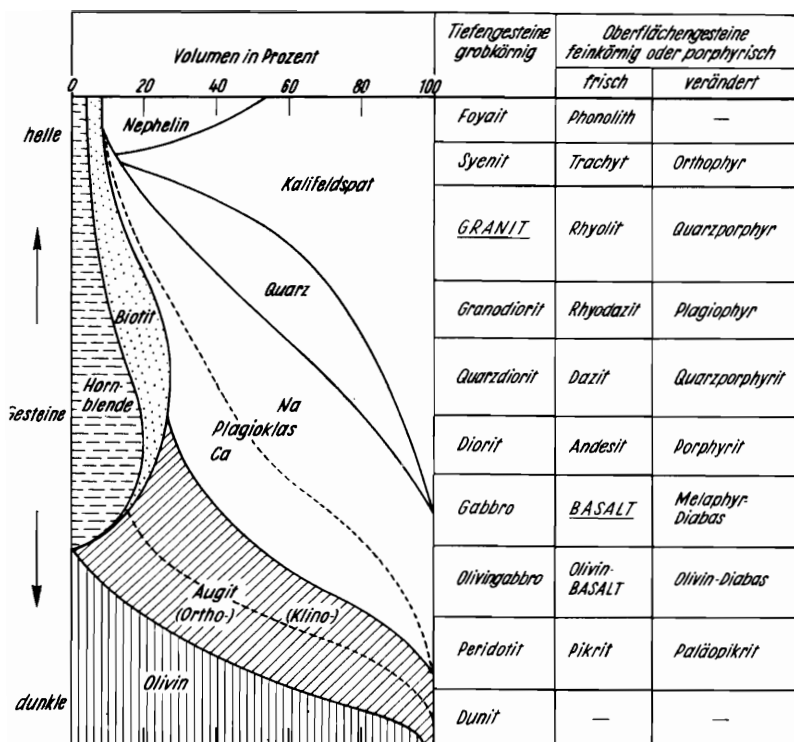


Abb. 39: Die wichtigsten magmatischen Gesteine

Für den Mineralsammler empfiehlt es sich, Gesteine mit Hornblende und Plagioklas als *Diorit* und solche mit Augit und Plagioklas als *Gabbro* zu bezeichnen. Eine genaue Bestimmung bleibt der Dünnschliffuntersuchung vorbehalten.

3. In vielen Ergußgesteinen sind die Gemengteile durch die schnelle Abkühlung und Kristallisation so klein, daß sie auch mit einer Lupe nicht oder nur schwer bestimmbar sind. Oft geben nur die Einsprenglinge in Verbindung mit der Farbe und Dichte der Grundmasse einen Hinweis, um welches Gestein es sich handeln kann. Erkennen wir z. B. in einer feinkörnigen bis dichten Grundmasse Einsprenglinge von Quarz und Feldspat, dann dürfte ein *Rhyolith* oder *Quarzporphyr* vorliegen. Sind in einer dichten, schwarzgrauen Masse olivgrüne Einsprenglinge von Olivin zu sehen, dann könnte es sich bei diesem Gestein um einen *Basalt* handeln.
4. Die Gesteine werden vereinbarungsgemäß abgegrenzt, und innerhalb eines Gesteins kann der Mineralbestand in festgelegten Grenzen schwanken. Ohne Mengenanalyse ist somit zwischen zwei Gesteinen nicht immer mit Sicherheit zu unterscheiden. Man kann ein Gestein erst dann eindeutig zuordnen, wenn der prozentuale Anteil seiner Hauptgemengteile ermittelt worden ist. Ein Beispiel soll das verdeutlichen: Granit und Granodiorit führen die gleichen Bestandteile, nur überwiegt im Granit der Kalifeldspat und im Granodiorit der Plagioklas. Solange wir das Verhältnis dieser beiden Minerale im Gestein nicht kennen (vgl. Punkt 1), ist zwischen Granit und

Granodiorit nicht zu unterscheiden. Im Handstück bezeichnen wir deshalb alle hellen, regellos-körnigen Gesteine mit Quarz, Kalifeldspat, Plagioklas und einem dunklen Gemengteil (Biotit, Hornblende) als Granite.

Aus den Ausführungen geht hervor, daß man zwischen einer vorläufigen Geländebezeichnung und einer exakten Benennung der Gesteine unterscheiden sollte, welche sorgfältige Untersuchungen voraussetzt. Leider wird in manchen Büchern der Eindruck erweckt, daß Gesteine schon im Geländeaufschluß genau bestimmt werden können. Das gilt jedoch nur für einige Haupttypen. Natürlich wird es meist nicht schwer sein zu entscheiden, ob ein Erstarrungsgestein, ein Absatzgestein oder ein Umwandlungsgestein vorliegt. Besondere Schwierigkeiten bereitet es, Erstarrungsgesteine näher zu bestimmen, zumal wenn es sich um dichte Gesteine ohne erkennbare Einsprenglingskristalle handelt.

Wir wollen uns nicht weiter mit der Klassifikation der Erstarrungsgesteine befassen. Die Übersicht der Tiefen- und Ergußgesteine (s. S. zuvor) ermöglicht eine grobe Zuordnung der wichtigsten Gesteinsarten.

2. Pegmatitisch-pneumatolytische Mineralbildung

Nach der Hauptkristallisation der Gesteinsschmelzen, als deren Ergebnis die Erstarrungsgesteine vorliegen, bleibt eine wasserreiche Restschmelze übrig. In dieser Schmelze haben sich neben Wasser und anderen leichtflüchtigen Stoffen (Fluor, Chlor, H_2S , CO_2 , SO_2) vor allem solche Elemente angereichert, die wegen ihrer zu kleinen oder zu großen Ionenradien nicht in die Kristallgitter der gesteinsbildenden Minerale eingebaut werden konnten. Da diese Restschmelzen aber noch gewisse Mengen Aluminium, Alkalien und Kieselsäure enthalten, können sich aus ihnen in geringerem Umfang auch Feldspäte und einige andere Silikate abscheiden, deren Hauptmassen jedoch in den Erstarrungsgesteinen zu finden sind.

Die Restschmelze erstarrt bei Temperaturen zwischen 700 und 350 °C in Kontraktionsrissen des bereits vorher verfestigten Muttergesteins oder in Spalten des Nebengesteins. Auf Grund ihres hohen Gehalts an leichtflüchtigen Bestandteilen hat diese Schmelze besondere physikalisch-chemische Eigenschaften, die sich unter anderem im Größenwachstum der aus ihr abgeschiedenen Kristalle ausdrücken. Die Pegmatite (griech. *pegma* = der Rahmen, das Gefügte) sind grob- bis riesenkörnige Gesteine, in denen manche Minerale ein Gewicht von mehreren Zentnern, ja sogar Tonnen erreichen können. Die in vielen Sammlungen vertretenen riesigen Quarzkristalle oder Feldspäte entstammen solchen Pegmatiten. Aber auch Korunde, Berylle und einige weitere Minerale bilden unter den Bedingungen, wie sie bei der Erstarrung der dünnflüssigen Pegmatitschmelzen herrschen, außergewöhnlich große Kristalle. Wo Hohlräume mit hochgespannten Gasen gefüllt waren, konnten die Kristalle weitgehend ungestört wachsen, so daß sie neben ihrer abnormen Größe oft eine ausgezeichnete Kristallgestalt aufweisen. Die besondere Bedeutung der pegmatitischen Mineralbildung liegt darin, daß sich während dieser Phase viele Grundstoffe anreicherten, die in den Silikatschmelzen nur in Spuren vorhanden sind. Es handelt sich um Beryllium, Bor, Lithium, Zäsium, Uran, Thorium, Hafnium, Niob, Tantal u. a. Sie bilden hier, von wenigen Ausnahmen abgesehen, eigene Minerale und lassen damit die Pegmatite zu Lagerstätten technisch wichtiger Rohstoffe werden. Welche Elemente im einzelnen bei der pegmatitisch-pneumatolytischen Mineralbildung angereichert werden, können wir der Tabelle S. 100 entnehmen. Die von diesen Elementen hauptsächlich gebildeten Minerale zeigt uns die im Text folgende Zusammenstellung.

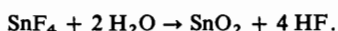
Die wichtigsten Minerale des pegmatitisch-pneumatolytischen Bildungsbereiches (nach HILLER 1962)

Element	Minerale
Bor	Turmalin, Dumortierit
Lithium	Zinnwaldit, Spodumen, Petalit, Amblygonit, Triphylin
Zäsium	Pollucit
Rubidium	Lepidolith
Beryllium	Beryll, Phenakit, Euklas, Gadolinit, Chrysoberyll
Seltene Erden	Thortveitit, Monazit, Xenotim
Fluor	Fluorit, Yttrfluorit, Kryolith, Topas
Zirkonium	Zirkon
Thorium	Thorit
Titan	Rutil, Ilmenit
Niob	Niobit
Tantal	Tantalit, Fergusonit, Samarskit
Zinn	Cassiterit
Wolfram	Wolframit, Scheelit
Molybdän	Molybdänit
Uran	Uraninit

Aber nicht nur als Rohstoffquellen seltener chemischer Grundstoffe, sondern auch als Edelsteinlieferanten und als Fundstätten von Industriemineralen sind die Pegmatite bedeutungsvoll. Die Edelsteine Turmalin, Topas, Rosenquarz und Beryll entstammen größtenteils Pegmatitgängen. Es wird berichtet, daß in Südbrasilien im Jahre 1910 ein zartblauer Aquamarkinkristall mit einem Gewicht von 100 Kilogramm gefunden wurde, der den gesamten Bedarf an diesem schönen Edelstein für drei Jahre deckte. In vielen Schmuckstücken befinden sich Teile dieses Kristalls.

Technisch wichtige Minerale der Pegmatite sind Kalifeldspat, der in der keramischen Industrie in großen Mengen benötigt wird, aber auch Apatit und Muskovit. Apatit wird in der Düngemittelindustrie weiterverarbeitet, und große Muskovitafeln, wie sie ausschließlich in Pegmatiten auftreten, braucht die Elektrotechnik.

Die Restschmelzen weisen einen hohen Gehalt an leichtflüchtigen Bestandteilen auf, sie haben daher einen beträchtlichen Innendruck. Wenn die flüchtigen Stoffe nicht entweichen können, kristallisieren bei langsamer Abkühlung die Pegmatite. Reißen jedoch plötzlich Spalten auf oder ändern sich der auf diesen Restschmelzen lastende Außendruck in anderer Weise tunvermittelt, dann sieden die leichtflüchtigen Bestandteile ab und durchdringen dabei das Mutter- oder Nebengestein. Die Gase führen verschiedene Stoffe mit, die mit dem Nebengestein reagieren. Auf diese Weise entstehen *pneumatolytische Bildungen* (griech. *pneuma* = Gas, *lyein* = lösen). Wir nehmen an, daß in einer Gesteinsschmelze Spuren von Zinn enthalten sind. Weder in den Mineralen der Frükkristallisation noch in denen der Hauptkristallisation kann dieses Element restlos untergebracht werden. Es reichert sich somit in der Schmelze an. Wenn z. B. im Verlauf der Hauptkristallisation ein Granit entstand, verbleibt ein Schmelzrest, der neben Wasser, Kohlen- und Flußsäure unter anderem Zinn enthalten kann. Beim Absieden der leichtflüchtigen Bestandteile aus dieser Restschmelze kann das Zinn als Fluorid SnF_4 mitgeführt werden. Es scheidet sich aber bald als schwerlösliches Oxid nach folgender Reaktionsgleichung ab:



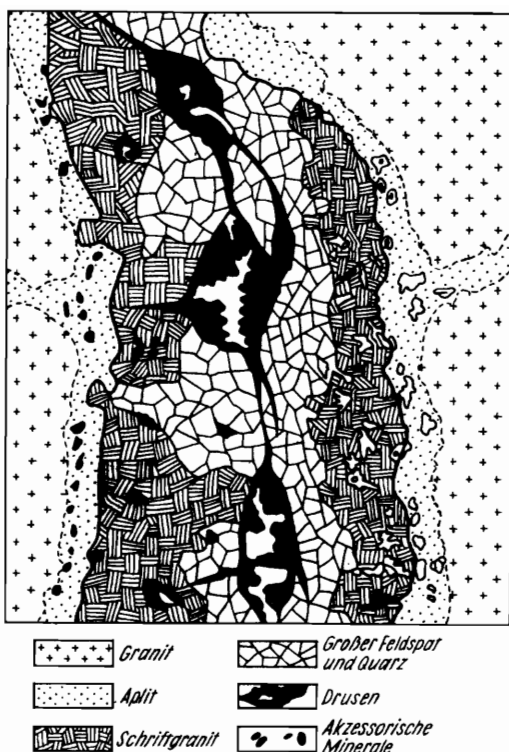
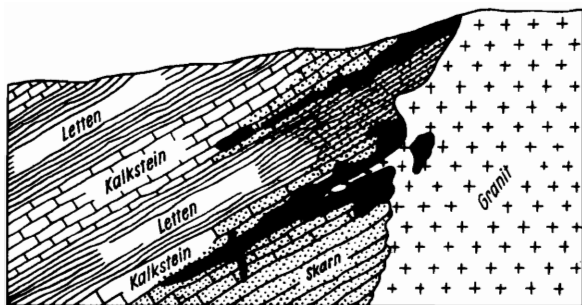


Abb. 40: Typische Ausbildung eines Pegmatitganges (Mursinka, Ural). Der Pegmatitkörper sitzt in einem Granit, der einen feinkörnigen Saum ausbildete (Aplit). Am Rande des Pegmatits sind die beiden Minerale Kalifeldspat und Quarz miteinander verwachsen = Schriftgranit. Die innere Zone wird von grobkörnigem Feldspat und Quarz eingenommen. In dieser Zone hinterließen die vormals gasgefüllten Hohlräume sogenannte Drusen, in denen ebenflächig begrenzte Kristalle vorkommen

Zinnfluorid und Wasser reagieren also miteinander und bilden das Mineral Cassiterit (Zinnstein) SnO_2 und Flußsäure. In ähnlicher Weise entstehen auch andere schwerlösliche Oxide, vor allem große Mengen an Quarz. Die aus der chemischen Umsetzung hervorgegangenen Lösungen sind sehr aggressiv. Sie zersetzen die Feldspäte in den Gesteinen, die von ihnen durchdrungen werden. Pneumatolytische Bildungen sind aus diesem Grunde feldspatfrei. Sie enthalten als Mineralneubildungen nicht selten Cassiterit, Molybdänit, Wolframit, Quarz, Turmalin und Topas. Die bekannten Zinn- und Wolframlagerstätten des sächsischen Erzgebirges rechnen dazu (Altenberg, Zinnwald, Ehrenfriedersdorf, Sadisdorf, Geyer u. a.). Wie bei allen pneumatolytischen Mineralvorkommen unterscheiden wir auch dort zwischen unregelmäßig begrenzten *Greisenkörpern* und *Pneumatolytgingen*. Die von alters her als Greisen bezeichneten Gesteine entstanden, indem die absiedenden Gase sich ihren Weg durch die Poren des Granits oder seines Nebengesteins bahnten, wobei es zu

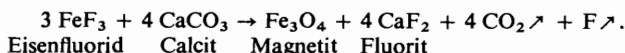


Magnetit

Abb. 41: Pneumatolytische Lösungen sind bei der Erstarrung der Granitschmelze frei geworden und haben Kalkstein zu Magnetit bzw. Skarn, einer dichten Eisensilikatmasse, umgewandelt. Wenn – wie in diesem Falle – Erzlager durch Verdrängung eines Kontaktgesteins entstehen, sprechen wir von kontaktpneumatolytischen Lagerstätten. (Schematisches Profil nach Betehtin 1964)

Mineralumwandlungen und zur Imprägnation mit Cassiterit (Zinnstein) kam. Dagegen bildeten sich Gänge mit den Erzmineralen Cassiterit, Molybdänit und Wolframit, wenn die Gase entlang von Klüften und Spalten im Gestein absiedeten.

In einigen Fällen reagieren die heißen Restlösungen der Schmelze unmittelbar mit dem Nebengestein. Am häufigsten geschieht das, wenn sie mit Kalksteinen in Berührung kommen. Es können dann z. B. Eisenerzlagerstätten durch folgende Stoffumsetzung entstehen:



Kohlendioxid CO_2 und Fluor F verschwinden als gasförmige Komponenten, so daß aus dem ursprünglichen Kalkstein durch Verdrängung ein Magnetit-erz entstanden ist (s. Abb. 41).

In den pneumatolytischen Mineralvorkommen sind nicht alle Rohstoffminerale wahllos vereinigt, vielmehr gibt es Lagerstätten mit Zinn, Wolfram und Molybdän und andere, in denen Gold, Kupfer, Blei, Wismut oder Kobalt angereichert wurden. In kontaktpneumatolytischen Erzvorkommen finden wir vor allem Eisen, Gold, Blei, Zink, Kupfer, Zinn und Wolfram.

3. Hydrothermale Mineralbildung

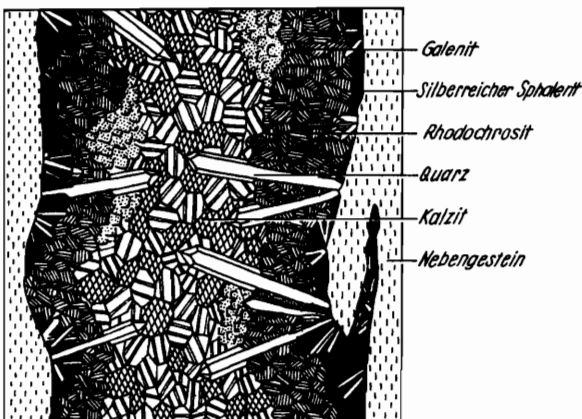
Bei Temperaturen zwischen 400 und 350 °C gehen die Restschmelzen bzw. die pneumatolytischen Dämpfe in heiße wäßrige Lösungen über. Damit beginnt das letzte Stadium der magmatischen Mineralbildung. Die heißen Wässer, die in der Tiefe unter einem beträchtlichen Druck stehen, enthalten neben Kohlendioxid CO_2 und Schwefelwasserstoff H_2S geringe Mengen an Schwermetallen, aber auch etwas Kieselsäure und Erdalkalimetalle. Wir müssen bedenken, daß eine Gesteinsschmelze von granitischer Zusammensetzung beträchtliche Wassermengen freisetzt. Diese Wässer durchströmen Klüfte und Spalten im Gestein, dabei entfernen sie sich immer weiter vom Ursprungsort und kühlen allmählich ab. Mit sinkender Temperatur wird ihr Lösungsvermögen geringer, so daß die in ihnen enthaltenen Stoffe aus-

kristallisieren. Die Spalten und andere Hohlräume, in denen solche heißen Wässer zirkulieren, werden nach und nach mit Mineralsubstanz ausgefüllt. Derartige mineralgefüllte Spalten, die in mehr oder weniger großer Entfernung vom Erstarrungsraum der Gesteinsschmelzen angetroffen werden, nennen wir *hydrothermale Gänge* oder, wenn sie nutzbare Minerale führen, *hydrothermale Erzgänge*. Mineralbildungen aus heißen wäßrigen Lösungen finden wir jedoch nicht nur in Gängen, sondern gelegentlich auch in Gesteinshohlräumen (Drusen).

Fast alle Granite sind von sogenannten Gangzonen mit hydrothermal gebildeten Mineralfüllungen umgeben. In der DDR kommen sie vor allem im Erzgebirge und im Harz vor. Vom Mittelalter bis in die Gegenwart haben solche Gangzonen einen wirtschaftlich bedeutsamen Bergbau ausgelöst. Während in früheren Zeiten vor allem Silber- und Eisenerze abgebaut wurden, hat man später auf die Gewinnung von Blei, Zink, Nickel, Kobalt, Wismut und Uran Wert gelegt. In den Gesteinsspalten, in denen heiße Wässer zirkulierten, haben sich die kristallisierenden Minerale oft gut entwickeln können. Eine beträchtliche Anzahl der in den großen Sammlungen vertretenen Schaustücke mit den verschiedensten Erzmineralen und Nichterzen – der Fachmann bezeichnet letztere als „Gangart“ – entstammt solchen Gängen. Mitunter ist es sogar möglich, die Kristallisationsfolge herauszufinden. Wir müssen zu diesem Zweck feststellen, welche Minerale sich entsprechend den verschiedenen hydrothermalen Bildungsphasen vom Rand des Ganges, dem sogenannten Salband, bis zur Mitte übereinander abgeschieden haben. Es ist durchaus möglich, daß ein Mineral als „Durchläufer“ während der einzelnen Abscheidungsphasen weitergewachsen ist, wie wir es in der Abbildung 42 an den lang-säuligen Quarzen sehen. Sie sind auf dem Salband angewachsen, reichen jedoch bis in die Mitte des Ganges. Im übrigen sind in diesem Gang nacheinander silberreicher Sphalerit (Zinkblende), Manganspat, Galenit (Bleiglanz) und Calcit kristallisiert.

Während der Entstehung hydrothermaler Gänge sondern sich meist die Elemente ab, die in den wäßrigen Lösungen als Alkali- und Polysulfide enthalten

Abb. 42: Beispiel für eine hydrothermale Mineralbildung in einem Erzgang von Freiberg (Sachsen). Die Bildungsfolge der Minerale vom Rand bis zur Gangmitte ist gut abzulesen. (Aus NIGGLI 1948, schematisiert nach MAUCHER)



treten. Einige Elemente (z. B. Arsen As, Gold Au) können sowohl bei hohen als auch bei niedrigen Temperaturen Minerale bilden.

Schließlich treten Schwermetallminerale ganz zurück, und die Spalten werden nur noch von Gangartmineralen, wie Fluorit, Baryt, Witherit oder/und Quarz ausgefüllt. Auch die Vorkommen dieser „erzfreien Formation“ haben zum Teil wirtschaftliche Bedeutung. So wird Fluorit im Harz, im Thüringer Wald und im Vogtland in reichlichen Mengen gewonnen. Dieses Mineral gelangt als „Säurespat“ zur Darstellung von Flußsäure in die chemische Industrie. Ein anderer Teil wird als „Hüttenspat“ in Stahl- und Metallhütten und Eisengießereien benötigt. Baryt wird ebenfalls im Harz und im Thüringer Wald abgebaut und der Industrie zugeführt.

Natürlich bilden sich Minerale aus wäßrigen Lösungen nicht immer so einfach, wie wir es hier dargestellt haben. In der Nachbarschaft vieler Granitkörper sind die in der Abbildung 43 eingezeichneten Elemente nicht vollständig vertreten. Andererseits können die heißen Wässer auch Stoffe aus dem Nebengestein auslaugen und an anderer Stelle wieder absetzen. Gewisse Elemente, wie z. B. Selen, entstammen vermutlich nicht der erstarrenden Silikatschmelze, sondern dem von heißen Lösungen durchdrungenen Nebengestein der Gänge. Schließlich können mit Eisen beladene Lösungen ganze Kalksteinschichten in Siderit FeCO_3 oder Hämatit Fe_2O_3 umwandeln. Das berühmteste Vorkommen dieser Art ist der Erzberg bei Eisenerz/Steiermark. Obgleich dort seit vielen Jahren gewaltige Mengen Eisenerz im Tagebau gewonnen wurden, sind in diesem „Eisenberg“ noch riesige Vorräte vorhanden. Ganz ähnliche, nur viel kleinere Sideritlagerstätten sind entlang den Nordrandspalten des Thüringer Waldes aus Zechsteinkalken hervorgegangen (Kamsdorf bei Saalfeld).

Das Schema der Elementverteilung um einen Granitkörper verdeutlicht uns, daß die in den verschiedenen Stadien der magmatischen Abfolge entstandenen Kristallgemeinschaften meist räumlich voneinander getrennt auftreten. In den Hohlräumen (Drusen) von Graniten sind sie jedoch ausnahmsweise unmittelbar nebeneinander zu finden. An einer einzigen Probe können wir somit die ganze Abfolge modellhaft studieren. Als die Granitschmelze abkühlte und erstarrte, blieben pegmatitisch-pneumatolytische Restlösungen übrig und bildeten „Blasen“, die nicht entweichen konnten. Am Rande dieser Blasen wuchsen zuerst pegmatitisch-pneumatolytische Minerale auf den Granit auf. Sie wurden dann, wenn bei weiter sinkender Temperatur eine wäßrige Lösung entstand, von hydrothermalen Mineralen überzogen. In den Granitsteinbrüchen des Harzes finden wir Drusenkristallräume mit den gut ausgebildeten pegmatitisch-pneumatolytischen Mineralen Rauchquarz, Orthoklas, Magnetit und Turmalin. Diese wurden von Fluorit, Epidot, Pumpellyit, Chabasit und Desmin, die später aus wäßrigen Lösungen kristallisierten, überwachsen. Während der Granit aus der Hauptkristallisation hervorgegangen ist, haben in seinen Drusen alle nachfolgenden magmatischen Stadien ihren Niederschlag gefunden.

Den Sammler wird es interessieren, welche Minerale er innerhalb der magmatischen Abfolge im wesentlichen erwarten kann. Wenn wir von den bereits erwähnten gesteinsbildenden Mineralen einmal absehen, dann sind es die in dem folgenden Schema genannten und ihrem jeweiligen Bildungsbereich zugeordneten Mineralarten (s. Seite 110). Die horizontale Erstreckung zeigt uns, in welchen magmatischen Phasen die Minerale erscheinen. Die Stärke der Striche läßt uns erkennen, in welchen Phasen die Minerale jeweils im größten Umfang gebildet werden.

Die sedimentäre Abfolge

Die an die Erdoberfläche gelangten Gesteine sind verschiedenen atmosphärischen Faktoren (Regen, Wind, Sonnenstrahlung) ausgesetzt. Unter diesen Bedingungen erweisen sich viele Minerale, die in größerer Tiefe bei entsprechend höheren Drücken und Temperaturen gebildet wurden, als unbeständig. In Erdoberflächennähe unterliegen die Gesteine deshalb Veränderungen, deren Gesamtheit wir als *Verwitterung* bezeichnen. Auch feste und widerstandsfähige Gesteine werden mit der Zeit zersetzt und teilweise gelöst. Eine besondere Rolle spielt dabei das Wasser mit den in ihm enthaltenen Stoffen CO_2 (Kohlendioxid), O_2 (Sauerstoff), NO_3^- (Nitrationen) und SO_4^{--} (Sulfationen), die entweder der Atmosphäre oder zerstörten Organismen entstammen. Eine ganze Reihe von Mineralen wandeln sich unter dem Einfluß des Wassers zu neuen Mineralen um, wobei bestimmte chemische Elemente als Ionen in Lösung gehen und mit dem fließenden Wasser fortgeführt werden. Bei dieser Umbildung werden nicht nur die verhältnismäßig leicht löslichen Alkali- und Erdalkalielemente abtransportiert, sondern auch gewisse Teile des im Ausgangsmaterial vorhandenen Aluminiums und Siliziums. Von den häufigen Mineralen erweist sich nur Quarz als fast unveränderlich. Unzeretzte Feldspäte und andere gesteinsbildende Silikate werden lediglich bei schneller Abtragung fortgeschafft.

Neben der soeben beschriebenen *chemischen Verwitterung* unterliegt das Gesteinsmaterial einer ständigen Zerkleinerung durch Temperaturschwankungen an der Erdoberfläche, durch Frostsprengung und durch Transport im fließenden Wasser oder in der Brandungszone des Meeres. Diese *physikalische Verwitterung* schafft neue Angriffsflächen für das lösende Wasser und unterstützt somit die chemische Verwitterung in wirkungsvoller Weise.

Die sedimentären Bildungen lassen sich in zwei große Gruppen unterteilen:

1. Der nicht gelöste Verwitterungsrückstand wird entweder am Ort der Gesteinszersetzung oder nach einem Transport durch Wasser, Eis oder Wind wieder abgesetzt. Mit dem Transport ist häufig eine Klassierung, d. h. eine Trennung nach der Korngröße, verbunden. Mineralneubildungen spielen hier keine große Rolle. Da es sich um einen Absatz mechanisch zerkleinerter Trümmer des Ausgangsgesteins handelt, sprechen wir von *mechanischen oder klastischen Sedimenten*.
2. Die im Wasser gelösten Stoffe werden am Verwitterungsort oder nach einem Transport über kleinere oder größere Entfernungen wieder ausgeschieden. Die Abscheidung kann durch Organismen, aber auch durch Verdunsten des Wassers und andere Vorgänge bewirkt werden. Es findet eine Neubildung von Mineralen statt. Wir sprechen von *chemischen und chemisch-biogenen Sedimenten*.

In ihrem ursprünglichen Zustand sind die Bildungen beider Gruppen locker. Durch Absinken in geringe Tiefen und Überlagerung mit jüngerem Material werden sie zu *Sedimentgesteinen* verfestigt. Das geschieht durch Wasserabgabe, durch Mineralabscheidung aus zirkulierenden Lösungen, durch Kristallisation gelförmiger Bestandteile des Sediments und schließlich durch Kornvergrößerung („Sammelkristallisation“). Es können z. B. Wässer, die CaCO_3 gelöst enthalten, durch einen Sand sickern. Währenddessen scheidet sich das Kalziumkarbonat aus und verkittet die einzelnen Sandkörner miteinander. Aus dem lockeren Sand entsteht auf diese Weise ein Sandstein mit kalkigem Bindemittel.

	Liquidmagmatisch		Pegmatitisch - Pneumatolytisch				Hydrothermal			
	Eruptiv- Gesteine	Erzlager- stätten	Pegmatite	Schwer- metall- pneuma- tolytisch	Zinn- stein- pneuma- tolytisch	Turmalin- Quarz- Gänge	Gruppe der Kies-Gold- Lager- stätten	Gruppe der Pb-Zn-Ag- Lager- stätten	Gruppe der Ni-Co-Ag- Lager- stätten	Gruppe der Sb-Hg- Lager- stätten
Pr, Pd, Os Ir, Ru, Rh		Gediegen Sperryth								
Cr		Chromit, Chromspinel								
Ni		Pentlandit, Magnetkies, selten Ni-Arsenide							Ni-Arsenide usw.	
Vd										
Ti		Perowskit, Titanit, Menegit, Ti-Silikate, Titanit, Rutil								
P		Apatit	Verschiedene Phosphate							
Cl		Sodalit, Skapolith, Apatit	Irith in Skapolith ein							
Selt. Erden Sc, La, Ce		Silikate, Zr-Silikate, Niobate, Phosphate								
Nb, Ta		Tantalat, Niobate, mit Titanaten								
Zr, Th	Zirkon	Zirkon, Zr-Silikate								
Li (Al, Cs)		Li-Silikate und Phosphate								
Be		vorwiegend Beryll								
B		Turmalin, B-Silikate, Borate				Turmalin				
Sn						Kassiterit	Stannin			
Ge						Ge-Sulfosalze				
Mo						Molybdänit		Wulfenit		
W						Wolframit und Scheelit				
Bi (U)						Wismut und Wismutglanz, Uraninit			Ged. Wismut	
Cu						Kupferkies	Kupferkies, As-Sb-Sulfosalze			
As						Arsenkies	Cu-Sulfosalze			Realgar
Au						Gediegen Sulfide	Telluride			
Te							vorwiegend mit Gold			
Se							vorwiegend mit Gold			
Zn (Cd, Ga, In)							Sphalerit			
Pb							Galenit	Sulfosalze		
Ag							in Kiesen, gediegen Silberglanz, As-Sb-Sulfosalze, ged. Silber			
Sb							Tetradrit			Antimonit
Co		In Sulfiden				Kobaltglanz				Co-As-Erze
Ba							Baryt	Witherit		
Sr							Strontianit, Coelestin			
CO ₂		f. Karbonate selt. Erden					verschiedene Karbonate			Kalkzit
Hg							spärlich in Sulfosalzen			Zinnober
Tl										

Abb. 44: Die Anreicherung der Elemente in der magmatischen Abfolge und die von ihnen gebildeten Minerale (nach P. NIGGLI)

Es wird zweckmäßig sein, wenn wir die wichtigsten Absatzgesteine der beiden obengenannten Gruppen und die mit ihnen verbundenen Minerallagerstätten kurz besprechen.

1. Die mechanischen Sedimentgesteine

Diese Gesteine bauen sich, wie bereits erwähnt, aus dem chemisch widerstandsfähigen Verwitterungsrest des Ausgangsmaterials auf. Man bezeichnet sie gelegentlich auch als *Trümmergesteine*. Nur wenn das Material nicht weit verfrachtet oder vom Eis transportiert wurde, finden sich alle Korngrößen nebeneinander. Wo hingegen Wasser oder Wind die Massen fortführte, wurden sie nach der Korngröße an verschiedenen Stellen abgelagert. Eine Unterteilung nach der Korngröße liegt der Gliederung dieser Gesteinsgruppe zugrunde. Erst in zweiter Linie interessiert die mineralische Zusammensetzung. Sie gibt den Ausschlag für die Benennung eines speziellen Gesteins. So heißen alle mechanischen Absatzgesteine, deren Mineralteilchen zwischen 2 und 0,02 mm groß sind, *Sandsteine*. Nach dem Mineralbestand unterscheiden wir *Quarzsandstein*, feldspatreiche *Arkosen*, meist schlecht klassierte und an kleinen Gesteinsbruchstücken reiche *Grauwacken*, usw. Auch die Art des Bindemittels wird bei der Benennung berücksichtigt, indem kalkige, kieselige, tonige oder limonitische Sandsteine unterschieden werden. Es würde zu weit führen, hier die einzelnen Gesteinstypen zu besprechen. Wir wollen aber die Haupteinteilung kennenlernen, die in der folgenden Tabelle enthalten ist.

Durch verringerte oder gesteigerte Transportkraft wechsellagern oft mehr oder weniger fein- oder grobkörnige Absatzgesteine. Auch können den mechanischen Absatzgesteinen chemische Sedimente zwischengeschaltet sein. Das abgelagerte Material bildet Schichten mit zumeist geringer vertikaler und großer horizontaler Erstreckung. Diese „Schichtung“ ist ein wichtiges Merkmal der Absatzgesteine. Es gibt jedoch auch schichtungslose Sedimente, wie den mit großen Blöcken durchsetzten, vom Eis abgelagerten „Geschiebemergel“.

Einige mechanische Sedimente sind wichtige Rohstoffe. Sehr reiner Quarzsand, der ca. 99,9% Kieselsäure und nur sehr wenig Eisen- und Aluminiumoxid enthält, wird als *Glassand* zur Herstellung klarer Gläser verwendet. Größere Bedeutung haben Anreicherungen von Erzmineralen und Edelmetallen in mechanischen Sedimenten oder als Verwitterungsrückstand. Liegen bauwürdige Mineralansammlungen vor, dann sprechen wir von *Seifen*. Die in ihnen enthaltenen „Seifenminerale“ zeichnen sich durch große chemische und mechanische Widerstandsfähigkeit und hohe Dichte aus. Der Entstehung nach unterscheiden wir Rückstandsseifen, Flußseifen und Meeresseifen. Bei den Rückstandsseifen verblieben die schweren Bestandteile am Verwitterungsort, während die leichteren Minerale ausgewaschen wurden. Flußseifen entstanden, indem sich die schweren Minerale an Stellen absetzten, wo sich die Transportkraft des fließenden Wassers verringerte. Nach und nach sammeln sich die schweren Minerale dann in den unteren Sand- oder Geröllschichten eines Flusses an. Die Bildung dieser Seifen setzt natürlich voraus, daß die Gesteine des Liefergebietes wirtschaftlich nutzbare Minerale führen. Meeresseifen beziehen ihr Material aus dem am Steilufer abbrechenden Gestein oder aus Flußsanden, die in das Meer gelangen. Ihr Werdegang läßt sich am Strand der Ostsee gut beobachten. Dort reichern sich auf der Strandspülfläche im Wechselspiel von Schwall und Sog (auflaufende bzw. ablaufende Welle) die schweren Minerale als dünne, dunkle Streifen an. Wenngleich sie kaum wirtschaftliche Bedeutung erlangen, so geben sie doch ein Bild von der Erschei-

Die häufigsten mechanischen Absatzgesteine

Korngrößenbereich, weitere Merkmale	Sedimente (lose)	Sedimentgesteine (verfestigt)
1. Teile über 2 mm Ø a) nicht oder nur über geringe Entfernung transportiert; eckige Gesteinstrümmer b) verfrachtetes Material; Bestandteile gerundet. Nach abnehmender Größe ↓	<i>Schutt</i> <i>Blockwerk</i> <i>Geröll</i> <i>Kies</i>	<i>Brekzie</i> <i>Konglomerat</i>
2. Teilchen zwischen 2 und 0,02 mm Ø immer verfrachtet und meist gerundet. Nach abnehmender Korngröße ↓	<i>Grus</i> <i>Sand</i> <i>Schluff</i>	<i>Sandstein</i> <i>(Arkose = reichlich Feldspat)</i> <i>Kalksandstein</i>
3. Teilchen kleiner als 0,02 mm transportierte und abgesetzte Verwitterungsreste und -neubildungen mit organischen Beimengungen seltener → Windtransport →	<i>Schlick, Schlamm</i> entwässert: <i>Ton</i> , kalkhaltig: <i>Mergel</i> <i>Kalkschlamm</i> <i>Löß</i>	<i>Tongestein</i> , <i>Schieferton</i>
4. Weitgehend unklassiert (alle Korngrößen umfassend) Wassertransport → Eistransport →	(Schlammströme) <i>Geschiebemergel</i>	<i>Grauwacke</i> <i>Tillit</i>
5. Mechanische Gesteine magmatischer Herkunft Teile größer als 32 mm Ø Teile zwischen 32 und 4 mm Ø Teile kleiner als 4 mm Ø vermengt mit Sediment	<i>vulkanische Bomben</i> <i>Lapilli</i> <i>vulkanische Asche</i>	<i>Agglomerat</i> (Bomben in Tuffmasse) <i>Lapillituffe</i> (Lapilli in Tuffmasse) <i>Tuffe</i> <i>Tuffite</i>

nungsweise mariner Seifen. Minerale der *Edelsteinseifen* sind vor allem: *Rubin* und *Saphir* als Farbabarten des Minerals *Korund*; ferner *Zirkon*, *Topas*, *Spinell*, *Granat*, *Beryll*, *Turmalin* und *Diamant*.

Große wirtschaftliche Bedeutung haben *Erzseifen* mit den Mineralen *Gold*, *Platin*, *Cassiterit*, *Cinnabarit*, *Ilmenit*, *Magnetit*, *Chromit*, *Rutil*, *Zirkon* und *Monazit*. Etwa 90% der Platinproduktion entstammen den Platinseifen des Urals. Zinnseifen, wie sie im Mittelalter als Flußseifen auch im sächsischen Erzgebirge stellenweise abgebaut wurden, liefern noch heute einen großen Teil

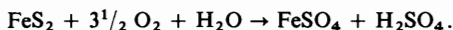
rückstand getrennten Tone. Sie sind die Grundlage der Porzellan- und Steingutherstellung und dienen der Erzeugung feuerfester Massen.

Unter tropischem Wechselklima nehmen in der Trockenzeit die geringen Mengen des atmosphärischen Wassers den Charakter alkalischer Lösungen an und führen die Kieselsäure weg. Diese wird in tieferen Zonen wieder ausgeschieden, während an der Oberfläche kolloidale und feinstkristalline Tonerdehydrate mit der einfachen chemischen Zusammensetzung AlOOH und $\text{Al}(\text{OH})_3$ zurückbleiben. Sie sind die Hauptbestandteile des als *Bauxit* bekannten Gemischs der Minerale Diaspor, Böhmit, Hydrargillit und Klichit. Enthalten diese Mischungen bei nur geringem Gehalt an Kieselsäure mehr als 50% Tonerde (Al_2O_3), dann werden sie als Erz für die Aluminiumherstellung benutzt.

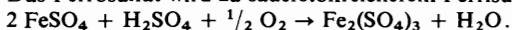
Auch andere industriell wichtige Grundstoffe können sich anreichern, wenn sie im Ausgangsgestein vorhanden sind und wenn der Verlauf der chemischen Umwandlung an der Erdoberfläche durch das Klima entsprechend gesteuert wird. So liefern olivinreiche Gesteine wie Peridotit unter tropischen bis subtropischen Bedingungen einen Zersatz mit den Hydrosilikaten *Pimelit*, *Garnierit* und *Schuchardt* als Nickelträger. Unter wieder anderen Bedingungen sind *Phosphate*, *Eisen-Mangan-Verbindungen*, *Kupferminerale* oder *Blei-Zink-Vanadate* wie Descloizit und Mottramit als Produkte der chemischen Verwitterung entstanden.

Zur sedimentären Abfolge stellen wir auch Mineralneubildungen im Verwitterungsbereich zutage ausgehender Erzlagerstätten. Wenn sich in Lagerstätten die zersetzende Kraft der Niederschläge auswirken konnte, sind oft zwei Zonen mit Mineralneubildungen zu unterscheiden. In der Zone über dem Grundwasserspiegel wurde der ursprüngliche Mineralinhalt durch die sauerstoffreichen Sickerwässer aufgelöst und oxydierte. Man bezeichnet daher diesen Bereich als *Oxydationszone*. Soweit dort Metallverbindungen vorliegen, handelt es sich um schwerlösliche Oxide der Hydroxide bzw. um Karbonate. In der obersten Schicht der Lagerstätte, dem „Ausbiß“, blieben nur intensiv braun gefärbte Massen von Limonit FeOOH zurück. Das ist der „Eiserne Hut“ derartiger Vorkommen. Wie es zur Limonitbildung kommt, zeigen die nachstehenden chemischen Reaktionsgleichungen:

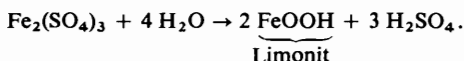
1. Pyrit FeS_2 als ursprüngliches Mineral wird in Ferrosulfat umgewandelt:



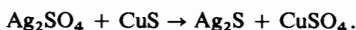
2. Das Ferrosulfat wird zu sauerstoffreicherem Ferrisulfat oxydiert:



3. Durch Hydrolyse bilden sich zuletzt Limonit und Schwefelsäure:



Die entstehende Schwefelsäure trägt dazu bei, die Lösungskraft des Wassers zu steigern. Im Bereich des Grundwassers werden die im Wasser gelösten Metallverbindungen – ähnlich wie bei der Elektrolyse – von primären Mineralen teilweise „ausgefällt“. Anstelle der edleren Metalle Silber und Kupfer gehen unedlere Metalle in Lösung, dadurch kommt es in der *Zementationszone* zu typischen Verdrängungen. Folgende Reaktion gibt dafür ein Beispiel:



Covellin wird von Argentit verdrängt, wobei Kupfer in Form des leichtlöslichen Sulfits abwandert.

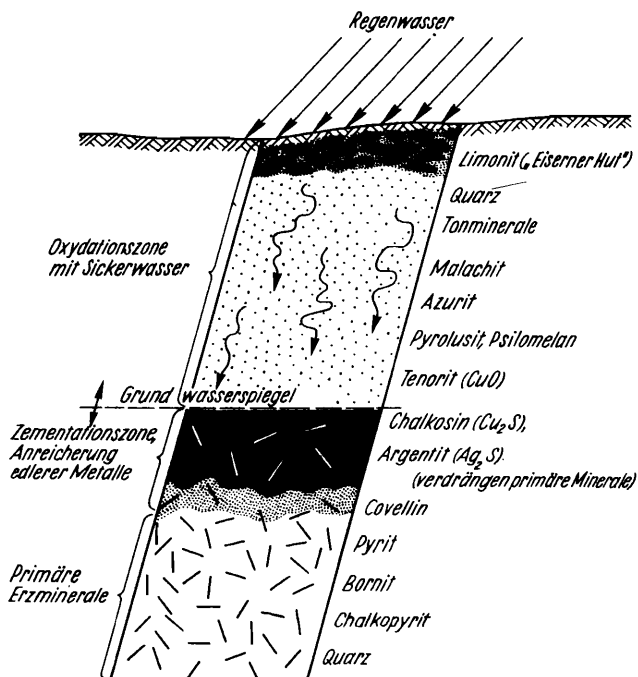


Abb. 45: Beispiel für die Mineralverteilung im Verwitterungsbereich einer Ganglagerstätte

Die Konzentration edler Metalle in der Verwitterungszone von Ganglagerstätten war die Basis des mittelalterlichen Silberbergbaus im Erzgebirge und im Harz. In der Blütezeit dieses Bergbaues schuf GEORGIUS AGRICOLA (1494–1555), der „Vater der Mineralogie“, seine grundlegenden mineralogisch-geologischen Schriften.

An Hand einer Skizze wollen wir uns die Verwitterungszonen eines Erzganges und die in diesen Zonen entstandenen Minerale einmal vor Augen führen (Abb. 45). Im zweiten Teil dieses Buches wird bei zahlreichen Bildungen darauf hingewiesen, daß sie im Verwitterungsbereich von Erzlagerstätten anzutreffen sind.

Selbstverständlich entstehen Minerale im Rahmen der Verwitterung nicht von heute auf morgen. Auch hier haben wir es mit Prozessen zu tun, die sich über viele Jahrtausende oder sogar Jahrmillionen hinziehen. Nicht selten setzt die Bildung der jetzt anzutreffenden Minerale ganz andere Klimabedingungen voraus, als sie heute vorliegen. So lassen sich die großen Kaolinvorkommen in Mitteleuropa nur dadurch erklären, daß während der Tertiärzeit in diesem Raum ein tropisches bis subtropisches Klima herrschte, wie es in Gebieten mit tropischen Regenwäldern und mit Savannen zu finden ist. Das gegenwärtige Klima in Mitteleuropa würde keine derartigen Lagerstätten hervorbringen.

Eine bei weitem größere Rolle als die bisher genannten Verwitterungsbildungen spielen die *chemischen Sedimente*, die sich im Meer oder in Binnenseen bzw.

festländischen Randsenken abgelagert haben. Sie sind entweder rein chemisch entstanden, oder es handelt sich um Absätze, an deren Bildung Organismen beteiligt waren. Im letzteren Fall sprechen wir von *chemisch-biogenen* Sedimenten, jedoch lassen sich diese nicht immer mit Sicherheit von den rein chemischen Sedimenten unterscheiden. Eine Sonderstellung nehmen schließlich unter den Absatzgesteinen solche ein, die sich aus ursprünglichen Pflanzen und somit *nicht* aus Mineralen aufbauen. Eine Übersicht über die wichtigsten chemischen und chemisch-biogenen Absatzgesteine wird auf der nächsten Seite gegeben.

Die chemische Natur eines Absatzgesteins ist eindeutig bei den aus konzentrierten Lösungen ausgeschiedenen *Salzgesteinen*. Das Flußwasser bringt ständig gelöste Stoffe in den Ozean oder in Binnenseen. Durch die Verdunstung des Wassers werden sie dort nach und nach angereichert. Das zeigt sich darin, daß das Flußwasser einen durchschnittlichen Salzgehalt von nur 0,1 bis 0,2% aufweist, während der Salzgehalt des Meereswassers *im Mittel* bei 3,5% liegt. Aber nicht alle der im Flußwasser enthaltenen Stoffe gelangen bis ins offene Meer. Vor allem Eisen und Mangan werden größtenteils in geringer Entfernung von der Küste ausgeflockt. Geschieht das über längere Zeiträume im gleichen Gebiet, dann entstehen marine Eisen- und Manganzlagerstätten.

Im Meerwasser sind die in der nachstehenden Tabelle aufgeführten Stoffe in größerer Menge enthalten:

Zusammensetzung des Meerwassers

	Menge in ‰	umgerechnet auf Prozent der Trockensubstanz
<i>Kationen</i>		
Na ⁺	10,56	30,6
Mg ²⁺	1,27	3,7
Ca ²⁺	0,40	1,2
K ⁺	0,38	1,1
<i>Anionen</i>		
Cl ⁻	18,98	55,1
SO ₄ ²⁻	2,65	7,7
HCO ₃ ⁻	0,14	0,2

Beobachtungen zeigen, daß der Salzgehalt des Meerwassers in weiten Grenzen schwankt. In der Ostsee und der Kaspischen See beträgt er nur ca. 1%, während man andererseits im Toten Meer und in der Karabogasbucht an der Ostseite der Kaspischen See 25 bzw. 28% Salzgehalt festgestellt hat. An solchen Stellen, wo durch fortdauernde Verdunstung der einströmenden Wassermassen und Absinken der schweren Salzlösungen eine natürliche Sole entsteht, scheiden sich nach Überschreiten der Sättigungskonzentration Minerale aus. Marine Salzanreicherungen entstehen, wenn das Meerwasser in einem festländischen Randbecken ständig verdunstet und die konzentrierte Lauge nicht in das offene Meer zurückströmen kann. Es muß also ein untermeerfischer Wall vorhanden sein, der über längere Zeit Meerwasser in die Bucht gelangen läßt, ein Abströmen der sich am Boden ansammelnden konzentrierten Lauge in den Ozean jedoch verhindert. Die einzelnen Abscheidungsfolgen besprechen wir am besten an Hand einer Skizze, welche die Barrentheorie nach OCHSENIUS veranschaulicht (Abb. 46). Zuerst fallen die am

Die häufigsten chemischen und biogenen Absatzgesteine

	Gestein	Bildungsweise, Mineralbestand
Chemische Absatzgesteine	<i>Kaolin</i> <i>Bauxit</i> (mengenmäßig untergeordnet, aber wirtschaftlich bedeutsam)	<i>Verwitterungsneubildungen</i> , teilweise durch Transport über kurze Entfernungen umgelagert. Kaolin: Kaolinit, Illit, Quarz u. a. Tonminerale. Bauxit: Aluminiumhydroxide
	<i>Kalkstein, Dolomit</i> <i>Anhydrit</i> <i>Gips</i> <i>Halit</i> (Steinsalz) und andere <i>Sulfat- und Chloridgesteine</i> <i>Kalisalze</i>	<i>Eindampfungsgesteine</i> , die durch Verdunstung des Meerwassers entstehen. Bei solchen, die nur aus <i>einem</i> Mineral zusammengesetzt sind, entspricht der Name der Mineralart dem Gesteinsnamen (<i>Anhydrit, Gips, Halit</i> oder Steinsalz). <i>Kalisalze</i> nennt man Gesteine, die neben Halit und Anhydrit K-Mg-Minerale führen (Kieserit, Sylvit, Carnallit u. a.)
	<i>Halit, Gips und andere Salzgesteine</i>	<i>Eindampfungsgesteine</i> in abflußlosen Beckenlandschaften der trockenheißen Klimazone
Chemisch-organogene und rein organische Absatzgesteine	<i>Kalkstein (Kreide)</i> <i>Dolomit</i> und Übergänge zwischen beiden Gesteinen <i>Mergel</i> <i>Travertin</i>	<i>Karbonatgesteine</i> entstanden entweder durch rein chemischen Niederschlag bzw. durch chemische Umbildung oder unter Beteiligung von Organismenresten. Manche <i>Kalksteine</i> bauen sich ausschließlich aus den Resten abgestorbener Meerestiere auf. Hauptminerale sind Calcit bzw. Dolomit. Im <i>Mergel</i> sind tonige Bestandteile vertreten. <i>Travertin</i> wurde im Süßwasser abgesetzt
	<i>Hornstein</i> <i>Kieselschiefer</i> <i>Feuerstein (Flint)</i> <i>Kieselgur</i> <i>Polierschiefer</i>	<i>Kieselgesteine</i> sind als Absätze heißer Quellen und als marine Ablagerungen verbreitet. An ihrer Bildung sind zumeist Organismen beteiligt. Sie bestehen aus Opal und/oder feinkristallinem Quarz. <i>Kieselgur</i> entstand im Süßwasser
	<i>Torf</i> <i>Braunkohle</i> <i>Steinkohle</i> <i>Anthraxit</i>	<i>Kohlengesteine</i> sind rein organischer Entstehung. Sie gingen aus der Zersetzung pflanzlicher Substanz unter Sauerstoffabschluß hervor. Kohlengesteine setzen sich <i>nicht</i> aus Mineralen zusammen
	<i>Stinkschiefer u. -kalk</i> <i>Erdöl u. Erdgas</i> <i>Bitumen</i> <i>Asphalt</i>	In Massen angehäuften Organismen unterliegen einer Fäulnis und Bituminierung. Das tonig-kalkige Muttergestein wird zum <i>Stinkschiefer</i> . Bei der Abwanderung der flüssigen und gasförmigen Umwandlungsprodukte entsteht <i>Erdöl</i> und <i>Erdgas</i>

schwersten löslichen Stoffe des Meerwassers, das sind *Calcit, Dolomit* und *Eisenoxidhydrat*, aus und bilden als unterste Schicht im wesentlichen Kalkstein und Dolomit. Danach scheidet sich Gips ab (Phasen 1 und 2). Der Gips wird sodann von *Halit* überlagert (Phase 3). Wenn die Mutterlauge durch

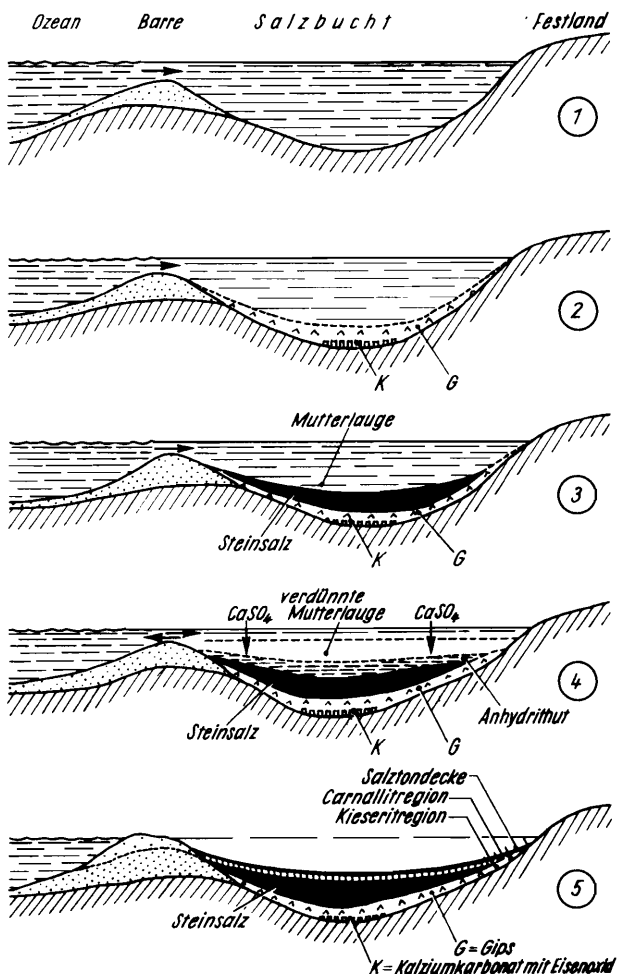


Abb. 46: Die Entstehung von Salzlagern nach der Barrentheorie von OCHSENIUS (1871)

erneuten Wasseraustausch verdünnt wird, kann das Steinsalz von Anhydrit überlagert werden (Phase 4). Sobald eine Salzbusch vom Ozean vollständig abgeschnürt ist, scheiden sich die Salze der Kieserit- und Carnallitregion aus, die zuletzt von einer Salztondecke „abgedichtet“ werden (Phase 5). In der Skizze sind die natürlichen Vorgänge stark vereinfacht. Auch verändern sich in Wirklichkeit die zuerst ausgeschiedenen Salzgesteine nachträglich zumeist mehr oder weniger intensiv.

Die Hauptmenge der Salzminerale entfällt auf Halit NaCl . Bei völliger Eindampfung der Ozeane würde eine Steinsalzschiebt von 47,5 Metern zurückbleiben. Alle anderen neben Halit entstehenden Salzminerale würden demgegenüber nur eine Mächtigkeit von 12,6 Metern erreichen. Halit beginnt

auszufallen, wenn das Meerwasser etwa 8% seines Ausgangsvolumens erreicht hat. Die wertvollen Kalium-Magnesium-Salze, auf deren große Bedeutung als Düngemittel zuerst LIEBIG 1865 hingewiesen hat, scheiden sich erst ab, wenn das Meerwasser auf 1,57% seines ursprünglichen Volumens eingeeengt wird. Folgt also nach den ersten Eindampfungsphasen keine weitere Konzentration oder wird die Lösung durch erneuten Zufluß von Ozeanwasser verdünnt, dann scheiden sich die Kalium-Magnesium-Salze nicht aus, und die Carnallit- und Kieseritregion fehlt. Auch bleiben diese leichtlöslichen Salze nur erhalten, wenn sie gleich nach ihrer Ablagerung von einer schützenden Tonlage überdeckt werden.

Salzgesteine stammen aus verschiedenen Zeiten der Erdgeschichte. In Mitteleuropa sind sie in der Zechsteinzeit vor ungefähr 200 Millionen Jahren in vier großen Eindampfungszyklen in Massen abgelagert worden. Sie sind die Grundlage der Stein- und Kalisalzgewinnung, eines wichtigen Bergbauzweiges der Deutschen Demokratischen Republik.

Salzminerale und Salzgesteine werden einerseits durch Salzabscheidung aus dem Meerwasser gebildet, andererseits in abflußlosen Senken des Festlandes. Am bekanntesten ist wohl der Große Salzsee von Utah in den USA; er bedeckt eine Fläche von ungefähr 5 500 km². Die meisten festländischen Salzseen, die oft nur wenige Meter tief sind, müssen wir als Restpfützen größerer Wasseransammlungen auffassen, wie das die Abbildung 47 zeigt. Im Gegensatz zum Meerwasser mit seinem immer gleichen Verhältnis der gelösten Stoffe weisen die kontinentalen Wässer der abflußlosen Binnensenken einen wechselvollen Chemismus auf. Nach den Ionen der hauptsächlich gebildeten Salze unterscheiden wir zwischen Borat-, Nitrat-, Natron- und Sulfatseen, wenngleich es auch Zwischen- und Mischtypen gibt. Die wichtigsten Minerale, die in diesen Seen zur Abscheidung gelangen, haben wir in der folgenden Tabelle angeführt. Zum Vergleich wurden ihnen die häufigsten Minerale der marinen Salzgesteine gegenübergestellt. Ein Sonderfall sind die Boratseen, die ihren Stoffbestand wohl nur zum Teil aus verwitterndem Gestein beziehen. Das in ihnen niedergeschlagene Bor entstammt wahrscheinlich vulkanischen Aus-

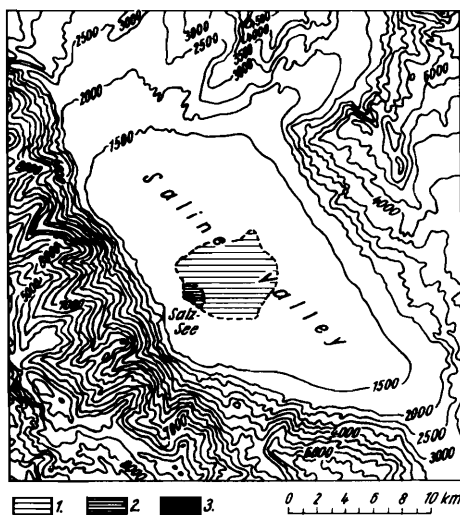


Abb. 47: Der Salzsee im Saline Valley (Kalifornien) als Beispiel für die Salzausscheidung in abflußlosen Talsenken unter ariden Klimabedingungen (Wüsten- und Steppenklime).

1. Salzton als Ablagerung der ursprünglichen Wasserfläche
2. Steinsalz (Halit)
3. Jetziger Salzsee (Zahlen der Höhenschichtlinien = Fuß; 1 foot = 0,3048 m)

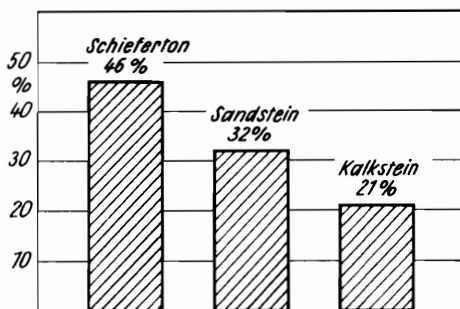


Abb. 48: Schieferton, Sandstein und Kalkstein sind die hauptsächlichen Absatzgesteine. Alle anderen Sedimente machen zusammen nur 1% der während der Erdgeschichte entstandenen Absatzgesteine aus. (Nach LEITH und MEAD)

hauchungen. Bevor es sich in Boratseen ansammelte, wurde dieses Element anscheinend mehrfach umgelagert. Wirtschaftliche Bedeutung hat ein Vorkommen bei Boron in Kalifornien (USA), aus dem ca. 80% der gesamten Produktion an Bormineralen stammen.

Die wichtigsten Minerale der Eindampfungssedimente und ihre Zusammensetzung

A. Salzabscheidung aus Meerwasser		B. Salzabscheidung in Binnenseen	
Halit	NaCl	Halit	NaCl
Sylvin	KCl	Sylvin	KCl
Carnallit	$\text{KMgCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$	Gips	$\text{Ca}[\text{SO}_4] \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$
Kieserit	$\text{Mg}[\text{SO}_4] \cdot \text{H}_2\text{O}$	Anhydrit	$\text{Ca}[\text{SO}_4]$
Polyhalit	$\text{K}_2\text{Ca}_2\text{Mg}[\text{SO}_4]_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$		
Gips	$\text{Ca}[\text{SO}_4] \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$		
Anhydrit	$\text{Ca}[\text{SO}_4]$		
Kainit	$\text{KMg}[\text{Cl}/\text{SO}_4] \cdot 2^{3/4} \text{H}_2\text{O}$		
Die wichtigsten Salzgesteine sind:		Boratseen:	
	Minerale:	Borax	$\text{Na}_2[\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4] \cdot 8 \text{H}_2\text{O}$
Halit	nur Halit	Kernit	$\text{Na}_2[\text{B}_4\text{O}_6(\text{OH})_2] \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$
Anhydrit	nur Anhydrit	Colemanit	$\text{Ca}[\text{B}_3\text{O}_4(\text{OH})_3] \cdot \text{H}_2\text{O}$
Gips	nur Gips	Pandermit	$\text{Ca}_2[\text{B}_3\text{O}_6(\text{OH})_7]$
Hartsalz: Halit + Sylvin + Kieserit		Ulexit	$\text{NaCa}[\text{B}_3\text{O}_6(\text{OH})_6] \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$
Carnallit: Halit + Carnallit + Kieserit			
Sylvinit: Halit + Sylvin		Nitratseen:	
Kainit: Halit + Kainit		Natronsalpeter	NaNO_3
		Kalisalpeter	KNO_3
		Natronseen:	
		Natrit	$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$
		Trona	$\text{Na}_3\text{H}[\text{CO}_3]_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$
		Sulfatseen:	
		Glauberit	$\text{CaNa}_2[\text{SO}_4]_2$
		Thenardit	$\text{Na}_2[\text{SO}_4]$
		Epsomit	$\text{Mg}[\text{SO}_4] \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$
		Glaubersalz	$\text{Na}_2[\text{SO}_4] \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$

Wenn wir die Salzgesteine zuerst beschrieben haben, dann vor allem deshalb, weil sie am besten den Typ rein chemischer Absätze verkörpern. Weiter verbreitet sind indessen unter den chemischen bzw. chemisch-biogenen Gesteinen die *Kalksteine*. Die beiden mechanischen Sedimentgesteine Schieferton und Sandstein machen zusammen mit dem Kalkstein etwa 99% aller im Verlauf der Erdgeschichte abgelagerten Sedimente aus. Eine Abbildung zeigt, in welchem Verhältnis diese drei Gesteinsarten zueinander stehen (Abb. 48).

Karbonatgesteine sind Ablagerungen, die sich hauptsächlich aus Calcit oder Dolomit zusammensetzen. Nur selten stellen sie rein chemische Niederschläge dar. Zum Beispiel sind Quellabsätze in Gestalt von Kalksinter oder Erbsenstein anorganischer Entstehung, sie treten jedoch mengenmäßig hinter den im Meer oder in größeren Binnenseen abgelagerten Kalkmassen bei weitem zurück.

Die Bildung der Karbonatgesteine ist zumeist an die Lebenstätigkeit von Organismen geknüpft. Viele Kalksteine entstanden dadurch, daß sich Calcit- und Aragonitskelette am Meeresboden anhäuften, die nach dem Absterben von Meerestieren übrigblieben. Nicht selten sind in den Gesteinen noch Teile der Gehäuse von Muscheln, Brachiopoden, Schnecken, Korallen und anderen, teils ausgestorbenen und teils noch lebenden Tierarten enthalten. Sie bezeugen die Herkunft des zu mächtigen Schichten angesammelten Materials. Aber auch viele Kalksteine, die keine Tierreste (Fossilien) aufweisen, sind wahrscheinlich organischen Ursprungs, denn die Mehrzahl der Skelette zerfällt nach ihrem Absatz am Meeresboden und wird teilweise aufgelöst.

In der DDR ist der im Erdmittelalter (Mesozoikum) entstandene Muschelkalk sehr verbreitet. Er tritt uns an den steilen Hängen der Saale an vielen Stellen entgegen und bedeckt große Flächen des thüringischen Untergrunds. Vorkommen älterer Kalksteine finden sich in der Umgebung von Elbingerode im Harz, wo das Material in großen Tagebauen für die chemische Industrie gebrochen wird. Auch die weiße Schreibkreide, die am Steilufer der Insel Rügen in reizvollem Farbkontrast zum Meer steht, baut sich aus den Überresten winziger Lebewesen auf.

Sind diese Kalksteine dadurch entstanden, daß bestimmte Organismen den im Meerwasser enthaltenen Kalk aufnehmen und in ihren Körper einbauen, so gibt es andererseits Karbonatgesteine, die nur indirekt auf die Lebenstätigkeit von Organismen zurückgehen. Wasserpflanzen entziehen dem Wasser nämlich Kohlensäure und verringern dadurch seine Löslichkeit für Kalziumkarbonat. Unter diesen Umständen fällt Calcit aus. Da jedoch die im Wasser gelöste Kohlensäure auch durch Temperaturerhöhung freigesetzt werden kann, ist nicht immer sicher festzustellen, ob anorganische Kalkfällung eintrat oder ob die Assimilation der grünen Pflanzen der entscheidende Vorgang war. Viele *Travertine* und sogenannte Kalktuffe sind wahrscheinlich durch Kalkausscheidung infolge von physiologischen Vorgängen entstanden. Manchmal ist zu sehen, wie die Mineralpartikeln dieser Gesteine Pflanzenteile umkrustet haben.

Zahlreiche Kalksteine bestehen fast nur aus dem Mineral Calcit CaCO_3 . Es gibt jedoch auch Kalksteine, die durch tonige Substanz verunreinigt sind. Die Übergänge vom Kalk zum Ton werden *Mergel* genannt. Wieder andere enthalten grüne Körner von *Glaukonit*, einem glimmerähnlichen Mineral, das sich bevorzugt im Meer bildet. Auch sind Kalkablagerungen nicht selten, in denen während der Sedimentation oder im Verlauf der Verfestigung Kieselsäure- oder Phosphoritknollen entstanden. Die Feuersteinlagen in der Schreibkreide sind wohl die bekannteste Erscheinung dieser Art.

Wenn der Kalkstein das Mineral Dolomit $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ enthält, können wir kaum mehr von einer Verunreinigung sprechen, gibt es doch zwischen Kalkstein und Dolomit alle nur denkbaren Übergänge. Von vielen Dolomitgesteinen darf angenommen werden, daß sie sekundär aus Kalkstein hervorgingen, indem sich das Kalziumkarbonat unter dem Einfluß magnesiumhaltiger Lösungen zu Dolomit umwandelte.

Ganz ähnlich wie der überwiegende Teil der Karbonatgesteine entstanden auch die meisten *Kieselgesteine*. Im Meerwasser lebende Organismen bauen

mit dem geringen Kieselsäuregehalt des Wassers – er beträgt im Durchschnitt nur 2 Milligramm pro Liter – ihr Stützgerüst auf. Nach ihrem Absterben sammeln sich die Skelette an. Es sind vor allem die Hartteile der in kälteren Zonen lebenden Kieselalgen oder Diatomeen und der Radiolarien, welche wärmere Gebiete bevorzugen. Aus der Opalsubstanz, um die es sich vorwiegend handelt, bildet sich nach dem Absatz häufig feinstkristalliner Quarz (Chalcedon), wobei die Organismenreste völlig zerstört werden können. Solche fossilfreie Kieselgesteine bezeichnen wir als *Hornsteine*. In dem am weitesten verbreiteten Kieselgestein, dem meist dunkelgrau bis schwarz gefärbten *Kieselschiefer* oder *Lydit* – der Juwelier benutzt ihn als „Probierstein“ – sind nicht selten noch Radiolarienreste im mikroskopischen Präparat zu erkennen. Kieselalgenpanzer bauen die *Kieselgur* auf, die in Binnenseen abgelagert wurde. Aus der gerüstartigen, sperrigen und zum Teil sogar durchlöcherten Form der mikroskopisch kleinen Gebilde erklärt sich die große Porosität dieses Gesteins. Es wird als Filtermittel und Füllstoff für Papier und Kunststoffe verwendet. NOBEL benutzte Kieselgur zum Aufsaugen von Nitroglyzerin bei der Dynamitherstellung. Schwach verfestigte Kieselgesteine mit glatten Ablösungsflächen sind *Polierschiefer* und *Tripel*. Man verwendet sie als Schleif- und Poliermittel.

Ohne Vermittlung von Organismen wird Kieselsäure an heißen vulkanischen Quellaustritten abgeschieden, in deren Umgebung sich *Kieselsinter* und *Geysirit* niederschlagen. Daneben bieten solche Quellaustritte, die an der Erdoberfläche oder am Meeresboden liegen können, den Kieselorganismen günstige Lebensbedingungen, so daß auch hier zwischen anorganischer und organischer Entstehung nicht immer sicher zu unterscheiden ist.

Eine sehr bekannte Form der in der Natur auftretenden Kieselsäure stellt der *Feuerstein* oder *Flint* dar. Er ist dunkel gefärbt, von einer weißen Rinde umgeben und kann knollenförmig oder plattig sein. Man findet ihn in großer Menge in der Schreiekreide und, verschleppt von den eiszeitlichen Gletschern, in den nord- und mitteldeutschen Glazialablagerungen. Die Bezeichnung „Flinten“ erinnert daran, daß der Flint Ende des 17. Jahrhunderts in den Funkschlagmechanismus der Steinschloßgewehre eingebaut wurde. Viele Werkzeugfunde und Siedlungsplätze bezeugen die große Rolle, die der Feuerstein in der Steinzeit als ein hartes und scharfkantiges Material spielte, das leicht zu bearbeiten ist.

Die *Kohlengesteine* setzen sich – im Unterschied zu allen bisher behandelten Gesteinen der sedimentären Abfolge – *nicht aus Mineralen* zusammen. Trotzdem werden sie üblicherweise zu den Sedimentgesteinen gestellt, weil sie ebenfalls schichtartig auftreten. Als Anhäufungen von Pflanzen, die unter Beteiligung niederer Organismen unter Wasser zersetzt wurden, wechsellagern die Kohlengesteine häufig mit mechanischen und chemischen Absatzgesteinen. Wir können mit zunehmender Veränderung der pflanzlichen Ausgangssubstanz zwischen *Torf*, *Braunkohle*, *Steinkohle* und *Anthrazit* unterscheiden. Im Verlauf dieser Umwandlung verliert sich die ehemalige Pflanzenstruktur. Der Gehalt an Sauerstoff und Wasserstoff der organischen Substanzen nimmt immer mehr ab, und der Kohlenstoffgehalt (und damit der Heizwert) erhöht sich. Eine gewisse Beziehung zu diesen organischen Substanzen hat der als Schmuck beliebte *Bernstein*. Das „Gold des Meeres“ ist ein verhärtetes Baumharz und somit ebenfalls *kein Mineral*. In größerer Menge ist Bernstein in tertiären Sanden – der sogenannten „Blauen Erde“ – enthalten. An der Südküste der Ostsee wird er ausgewaschen und, bedingt durch seine geringe Dichte, vom Meer weiter verfrachtet. Den größten Wert haben für Sammler die Stücke mit Hohlformen von Insekten und anderen Lebewesen.

Stinkschiefer sind bituminöse, dünnstiefrige tonig-mergelige oder kalkige Gesteine, die unangenehm riechen, wenn sie mit einem Hammer zerschlagen werden. Solche bituminöse Schiefer und Kalke dürften als Muttergesteine des Erdöls, eines der wichtigsten Rohstoffe, aufzufassen sein. Das Erdöl kann jedoch abwandern und in porösen Schichten wie von einem Schwamm aufgenommen oder auf Klüften gespeichert werden. So kommt es, daß Erdöl in Gesteinen auftritt, die mit seiner Entstehung nichts zu tun haben. Wo Erdöle auf natürliche Weise an der Erdoberfläche herausquellen, oxydieren sie und werden zu *Asphalt*.

Weitere Mineralbildungen der sedimentären Abfolge. Nicht alle im Verlaufe der Ablagerung und nachträglichen Verfestigung entstandenen Minerale bilden Gesteine. Manche sind nur gelegentlich in Absatzgesteinen enthalten oder durch Stoffbewegungen auf Spalten ausgeschieden worden. An Salzgesteine gebunden ist *Boracit*, dessen derbe, knollenförmige Ausbildung *Stafsfurtit* genannt wird. In Karbonatgesteinen und auf deren Klüften findet man ab und zu *Fluorit*, *Coelestin* und *Strontianit*. Für den Fluor- bzw. Strontiumgehalt dieser Minerale dürfen wir annehmen, daß er zuerst in die aus Aragonit bestehende Skelettsubstanz von Meerestieren eingebaut wurde. Aragonit kann bis zu 4,7% SrO aufnehmen. Während die aragonithaltigen Sedimente verhärteten, muß der überwiegende Teil des im Gitter enthaltenen Strontiums abwandern, denn der durch Gitterumbau entstehende Calcit bietet für Strontium keinen Platz. Das freigesetzte Strontium bildet dann eigene Minerale. Zu anderen Vorgängen kommt es in den unteren, sauerstofffreien Schichten der Meere und Seen. Verschiedene Bakterienarten erzeugen dort Schwefelwasserstoff. Im Wasser enthaltene Schwermetallionen werden durch H_2S ausgefällt. Am Boden setzen sich – zusammen mit anderen Stoffen – unlösliche Sulfide der Metalle Fe, Cu, Ag, Pb und Zn ab. Meist sind die derart entstandenen Minerale in so kleinen Teilchen im Sedimentgestein enthalten, daß man sie mit bloßem Auge nicht erkennt. Bedeutende bauwürdige Erzvorkommen, so der *Kupferschiefer* im Gebiet von Mansfeld und Sangerhausen, legen Zeugnis von diesem Prozeß ab. Die Lebenstätigkeit von Bakterien brachte unter günstigen Umständen *Schwefellagerstätten* hervor. Andererseits scheidet sich gediegen Schwefel auch an Vulkanen ab, und zwar bisweilen in gewaltigen Mengen. Wir ersehen aus diesem Beispiel, daß sich eine Mineralart nicht immer einer einzigen Abfolge zuordnen läßt.

Die metamorphe Abfolge

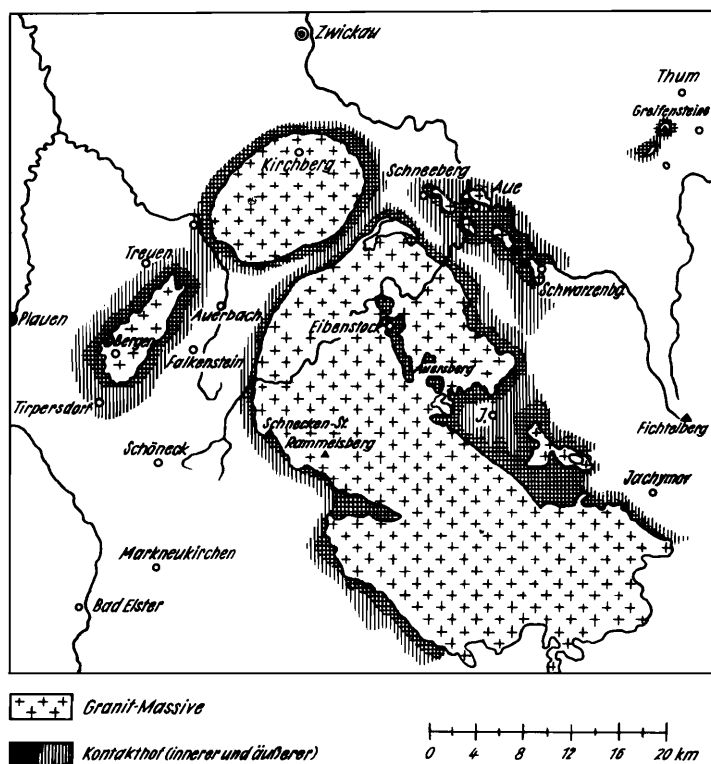
Durch Erdkrustenbewegungen können Absatz- und Erstarrungsgesteine nach und nach in größere Tiefe gelangen. Dort herrschen natürlich ganz andere Bedingungen als bei der Entstehung der Absatzgesteine im Bereich der Erdoberfläche. Auf Grund der wesentlich höheren Temperaturen und einer damit nicht selten verbundenen Durchbewegung der Gesteine wird hier der Stoffbestand umkristallisiert. Diesen Vorgang bezeichnen wir als *Metamorphose* (griech. metamorphosis = Umformung). Nicht immer müssen dabei neue Minerale auf Kosten der früheren entstehen. Die Erstarrungsgesteine, deren Minerale bereits bei hohen Temperaturen kristallisierten, werden manchmal nur mechanisch verformt. Aus einem Granit z. B. geht ein Gneis hervor, der sich nicht im Mineralbestand, wohl aber im Gefüge vom Granit unterscheidet. Liegen die einzelnen Kristalle im Granit regellos, so haben sich bei der Durchbewegung vor allem die blättrigen Glimmerminerale „eingeregelt“. Auch in einem ganz reinen Kalkstein, der ausschließlich aus Calcit besteht, können

sich, wenn die chemische Zusammensetzung des Gesteins unverändert bleibt, keine neuen Minerale bilden. Es tritt jedoch eine Sammelkristallisation ein, bei der die großen Kristalle die kleineren nach und nach aufzehren. Dadurch kommt es zu einer Kornvergrößerung; aus dem dichten Kalkstein wird ein deutlich kristalliner Marmor.

Eine weitaus größere Rolle spielen in der Natur jedoch Gesteinsumwandlungen, in deren Verlauf neue Minerale gebildet werden. Bei der Erwärmung der in die Tiefe geratenen Gesteine erweisen sich viele Minerale als unbeständig. Sie reagieren miteinander und bringen neue, unter den gegebenen Druck- und Temperaturbedingungen stabile Mineralgemeinschaften hervor. Bei dieser „Umkristallisationsmetamorphose“ bleiben die Gesteinsmassen überwiegend in festem Zustand.

Umkristallisation tritt nicht nur ein, wenn räumlich ausgedehnte Gesteinsmassen in die Tiefe verlagert werden, sondern auch dann, wenn sich die Temperatur in der Nachbarschaft aufgestiegener Schmelzen rasch erhöht. Da die Aufheizung im Rahmen solcher Schmelzen mit zunehmender Entfernung bald abklingt, wird nur eine wenige hundert Meter breite Zone umgewandelt. Wir sprechen von einem *Kontaktthof* um die erstarrten Gesteinschmelzen (Abb. 49).

Abb. 49: Die durch die Heizwirkung des Magmas hervorgerufenen Kontaktthöfe der westerrgebirgischen Granite



Bei der Kontaktmetamorphose können zwar sehr hohe Temperaturen erreicht werden, besonders in der Umgebung der heißeren, kieselsäurearmen („basischen“) Gesteinsschmelzen, doch ist der Druck meist verhältnismäßig niedrig. Auch fehlt in diesem Fall eine Durchbewegung der Rahmengesteine. Welche Mineralgemeinschaften sich im einzelnen einstellen, das hängt, wie übrigens bei *allen* Umbildungsgesteinen, vom Ausgangsbestand und vom Grad der Metamorphose ab. Ferner ist ausschlaggebend, ob der *Gesamtchemismus* des Gesteins erhalten bleibt oder ob bestimmte Stoffveränderungen eintreten. So können die vom Magma abgegebenen Dämpfe und Lösungen in das Nebengestein geraten und mit diesem reagieren. Andererseits löst in manchen Nebengesteinen allein die Temperaturerhöhung chemische Reaktionen aus, bei denen flüchtige Stoffe wie Wasser und Kohlendioxid mobilisiert werden. Die Kontaktmetamorphose ist fast immer mit einer „Trocknung“ der Nebengesteine verbunden.

In Kalkgesteinen, die durch Quarz verunreinigt sind, kann bei bestimmten Drücken und Temperaturen folgende Reaktion ablaufen:



Durch chemische Reaktion entsteht aus Calcit und Quarz das neue Kontaktmineral *Wollastonit*, während das Kohlendioxid abwandert. Komplizierter sind die Umsetzungen, die in einem Tonschiefer vor sich gehen. In einer klassischen Arbeit hat H. ROSENBUSCH 1877 seine Beobachtungen in den Kontakthöfen der Granite von Barr-Andlau und Hohwald (Vogesen) niedergelegt. Am weitesten entfernt vom aufgedrungenen Granit entwickeln sich aus dem Tonschiefer sogenannte *Frucht-* und *Knotenschiefer*. Die Grundmasse dieser Gesteine ist noch völlig unverändert. In diesem ersten und niedrigsten Stadium der Kontaktmetamorphose hat sich nur das Pigment der normalen Schiefer knoten- oder fruchtartig angehäuft. Dieser äußeren Zone schließt sich eine Zone mit *Knotenglimmerschiefer* an. Die Grundmasse ist gröber geworden und anstelle des im Tonschiefer enthaltenen Chlorits tritt nunmehr Biotit auf. Je näher das Nebengestein am Granit liegt, desto mehr verschwinden die Pigmentflecken. Schließlich geht in der inneren Kontaktzone aus dem Tonschiefer ein *Hornfels* hervor, der das höchste Umwandlungsprodukt darstellt. Die Schieferung ist durch die intensive Umkristallisation völlig verlorengegangen, und als typisch neues Mineral erscheint *Andalusit*. Den chemischen Vorgang, der das Mineral Andalusit hervorbringt, können wir mit folgender Reaktionsgleichung ausdrücken:



Er läuft erst bei etwa 500 °C ab, wie durch neuere Untersuchungen herausgefunden wurde. Wir sehen aus der Reaktion, daß bei der Umkristallisation des glimmerähnlichen Minerals Pyrophyllit zu Andalusit und Quarz Wasser freigesetzt wird und abwandert.

Die soeben beschriebenen Umbildungsstadien von Tonschiefern finden sich in vielen Kontakthöfen, so auch in denen des Ramberg- und Brockengranits im Harz und denen der westerbirgischen Granite. Alle dichten Umwandlungsgesteine in der Nachbarschaft von Intrusionen (eindringendem glutflüssigem Gestein) nennen wir *Hornfelse*, während die körnig erscheinenden Umwandlungsprodukte am besten als *Granofelse* bezeichnet werden.

Die Kontaktgesteine wurden also durch Aufheizung des Nebengesteins von Schmelzen gebildet; dagegen sind die in ausgedehnten Arealen verbreiteten

regionalmetamorphen Gesteine durch größere Druckwirkung und „Durchbewegungen“ geprägt worden. Infolge des höheren Belastungsdrucks werden manche Minerale in der Druckrichtung aufgelöst und wachsen senkrecht dazu weiter. Auf diese Weise ordnen sich blättchen- und säulenförmige Minerale parallel an. Die Glimmer und Hornblenden regeln sich ein, so daß ein schiefriges Gefüge entsteht. Aus diesem Grund bezeichnen wir die regionalmetamorphen Gesteine auch als „*kristalline Schiefer*“. Bei verhältnismäßig niedrigen Temperaturen, wo die Umkristallisation oft nur eine geringfügige Kornvergrößerung bedeutet, sind die kristallinen Schiefer noch ziemlich feinkörnig. Demgegenüber brachten die in größerer Tiefe herrschenden Temperaturen Gesteine hervor, deren einzelne Minerale bereits mit bloßem Auge gut zu erkennen sind.

Welche kristallinen Schiefer ergeben sich im Verlauf der Regionalmetamorphose bei der Umkristallisation des Tonschiefers? Mit steigender Intensität stellen sich die folgenden Gesteine ein:

Tonschiefer → Phyllit → Glimmerschiefer → Gneis.

Im ersten Umwandlungsstadium verändert sich auch hier der Mineralbestand des Tonschiefers – Quarz, Glimmer, Chlorit – nur wenig. Der höhere Druck indessen vergrößert die Glimmerschuppen. Sie werden in Druckrichtung aufgelöst und wachsen senkrecht dazu weiter: Es entwickelt sich ein dünn-schiefriger Phyllit (griech. *phyllon* = Blatt).

Durch steigende Drücke und Temperaturen werden die Hauptbestandteile Quarz und Glimmer so groß, daß man sie auf den Schieferungsflächen und im Querbruch als einzelne Körner bzw. Blättchen erkennt. Im nun vorliegenden *Glimmerschiefer* kann man nicht selten größere Kristalle weiterer Gemengteile beobachten, deren Natur von der chemischen Zusammensetzung des Tonschiefers abhängt. Solche charakteristischen Übergemengteile sind *Granat*, *Disthen* und *Staurolith*. Oft zeichnen sie sich durch ihr Größenzuwachstum aus, denn sie erreichen in manchen Vorkommen eine Länge von mehreren Zentimetern. Im Unterschied zu den Einsprenglingen in Erstarrungsgesteinen sprechen wir von *Porphyroblasten* (griech. *blastanein* = sprießen, sprossen). Dadurch soll ausgedrückt werden, daß sie nicht aus einer Schmelze sondern in einem größtenteils festen Kornaggregat kristallisierten, wobei benachbarte Minerale vollständig oder teilweise verdrängt wurden. Höchstwahrscheinlich haben auch bei ihrem Wachstum geringe Lösungsmengen eine Rolle gespielt. Dafür spricht unter anderem der Wassergehalt einiger Minerale mit (OH)⁻-Gruppen im Kristallgitter, die an solchen Umkristallisationen beteiligt sind.

Bei höhergradiger Metamorphose wird Feldspat, der im Phyllit und im Glimmerschiefer nur selten enthalten ist, zu einem vorherrschenden Gemengteil. Er gehört neben Quarz, Biotit und Muskovit zum Hauptbestand des nunmehr vorliegenden mittel- bis grobkörnigen *Gneises*. Auch im Gneis mit seinem flasrigen, schiefrigen oder lagigen Gefüge sind bisweilen charakteristische Übergemengteile wie *Granat*, *Staurolith*, *Disthen*, *Sillimanit*, *Cordierit* und andere zu beobachten.

Da Gneise, Glimmerschiefer und Phyllite *nicht nur* durch steigende Umwandlung von Tonschiefern, sondern auch in anderer Weise gebildet werden können, müssen wir bei der Beurteilung des Ausgangsgesteins vorsichtig sein. Überhaupt ist es oft schwierig, wenn nicht unmöglich, das ursprüngliche Gestein genau anzugeben. Ein Gneis kann, wie wir es geschildert haben, das Endglied der Reihe Tonschiefer-Phyllit-Glimmerschiefer darstellen. Er kann aber andererseits auch aus einem Granit durch Druck-Temperatur-Beanspru-

chung hervorgegangen sein. Im zuerst genannten Fall sprechen wir von einem „Paragneis“, im zweiten von einem „Orthogneis“. Nach der Natur des Ausgangsmaterials lassen sich alle Umwandlungsgesteine einteilen in *Paragesteine*, sofern sie aus Sedimentgesteinen hervorgingen, und *Orthogesteine*, soweit sie magmatischen Ursprungs sind.

Die sedimentäre Abkunft erkennt man an charakteristischen Mineralarten und bestimmten Gefügemerkmalen, zum anderen an der Art, wie sie mit benachbarten Gesteinen verbunden sind. Ein besonders eindeutiger Fall eines ursprünglichen Absatzgesteins liegt beim *Geröllgneis* vor, dessen gerundete und oft deformierte Gerölle die Konglomeratnatur des Ausgangsgesteins beweisen. *Orthogesteine* zeigen durch ihre zumeist gleichmäßigere Ausbildung und durch gelegentlich vorkommende Reste des magmatischen Gefüges und Mineralbestandes, daß ein Erstarrungsgestein umgeformt wurde. Eine Trennung ist in den Fällen schwierig, wo durch intensive Umkristallisation alle Merkmale des Absatz- bzw. Erstarrungsgesteins verschwunden sind und wo auch auf chemischem Wege nicht unterschieden werden kann. Von Natur aus haben zwar die Erstarrungsgesteine meist eine andere chemische Zusammensetzung als die Absatzgesteine, doch gibt es Ausnahmen von dieser Regel. Eine weitere Komplikation bilden Gesteinsumwandlungen mit Stoffzufuhren und -wegfuhren. Durch einen solchen Stoffaustausch, den wir *Metasomatose* nennen, wird der Ausgangschemismus entscheidend verändert.

Bei der Kontaktmetamorphose ist der ausschlaggebende Faktor die Erwärmung des Nebengesteins, die vom eingedrungenen Schmelzfluß hervorgerufen wird. Zur Formung der kristallinen Schiefer, wie sie bei der Regionalmetamorphose gewöhnlich entstehen, trägt der bei der Gebirgsbildung auftretende Druck entscheidend bei. In Räumen, die keiner gerichteten Druckwirkung ausgesetzt waren, wurden die langsam in größere Tiefen absinkenden Absatz- und Erstarrungsgesteine kaum sichtbar verändert. Erst in neuerer Zeit haben genaue Untersuchungen mit dem Mikroskop und mit Röntgenstrahlen bewiesen, daß auch hierbei charakteristische Mineralreaktionen eintreten. Diese Art der Umwandlung wird regionale *Versenkungsmetamorphose* genannt. Das auslösende Moment dieser Metamorphose sind die in der Tiefe herrschenden Temperaturen. Aus Experimenten wissen wir, daß etwa 300 °C erreicht werden müssen, damit sich für diese Art der Metamorphose typische Mineralvergesellschaftungen einstellen. Unterhalb dieser Temperatur erfolgt die Verhärtung oder Diagenese der sedimentären Bildungen. Wie wir aus der Besprechung der sedimentären Abfolge wissen, finden auch dabei Umkristallisationen und Mineralneubildungen statt, doch werden nur solche Minerale hervorgebracht, die auch beim Absatz von Gesteinen an der Erdoberfläche entstehen. Viele Messungen haben ergeben, daß sich die Temperatur bei einer durchschnittlichen Tiefenzunahme von 33 Metern um 1 °C erhöht. Man nennt die Vertikalentfernung, die einer Temperaturerhöhung von 1 °C entspricht, *geothermische Tiefenstufe*. Sie schwankt zwischen 11 und 125 Metern und hängt vom geologischen Bau des jeweiligen Gebietes ab. Rechnen wir mit dem abgerundeten Durchschnittswert (3° auf 100 m), dann ergibt sich für die Temperatur von 300 °C und somit für den Beginn der Versenkungsmetamorphose eine Tiefe von etwa 10000 Metern. Das stimmt mit den Beobachtungen von COOMBS 1961 in Neuseeland gut überein, der für den Beginn der Mineralreaktionen eine Teufe von 11 Kilometern fand.

Wird der Bereich der Gesteinsmetamorphose nach niedrigen Temperaturen abgegrenzt gegen den der *Diagenese* (der nachträglichen Verfestigung der Absatzgesteine), so ist er andererseits nach höheren Temperaturen durch

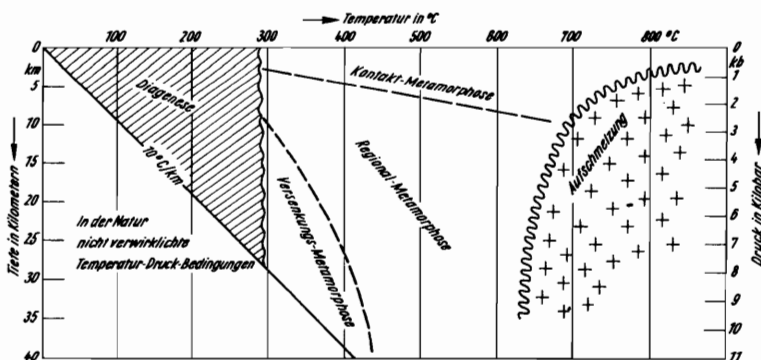
die Gesteinsaufschmelzung oder *Anatexis* begrenzt. Viele Umwandlungsgesteine werden bei gewissen Temperaturen und Drücken teilweise aufgeschmolzen. Bei welchen Druck-Temperatur-Bedingungen das geschieht, hängt davon ab, wie sich das Gestein chemisch zusammensetzt. Nur feldspatführende Gesteine werden wieder aufgeschmolzen, während andere Gesteine im festen Zustand verbleiben. Im Bereich der Anatexis bilden sich zuerst Gesteine heraus, in denen Reste der kristallinen Schiefer mit der entstandenen Schmelze vermennt sind. Wir sprechen von Mischgesteinen oder *Migmatiten*. Die entstandene Schmelze hat fast immer granitische Zusammensetzung. Wird sie von dem nicht mit aufgeschmolzenen Rest abgepreßt, dann kann auf diese Weise Granit zustande kommen. Auf diese Möglichkeit wurde bereits bei der Besprechung des Gesteinskreislaufes hingewiesen.

Die drei Arten der Gesteinsumwandlung und ihre Grenze zur Diagenese und zum niedrigsten Schmelzbeginn in Gneisen sind, bezogen auf die jeweiligen Drücke und Temperaturen, in dem folgenden schematischen Diagramm eingetragen (Abb. 50).

Nach unten ist in der Skizze die Tiefenzunahme (linke Skala) bzw. die Druckzunahme (rechte Skala) eingetragen. Jeder Tiefe innerhalb der Erdkruste entspricht ein bestimmter Druck. Die obere Skala verzeichnet von links nach rechts steigende Temperaturen. Alle Metamorphosearten sind, wie aus der Abbildung zu entnehmen ist, an bestimmte Druck-Temperatur-Felder gebunden. Wir entnehmen der Darstellung, daß die bei der Versenkungsmetamorphose auftretenden Temperaturen nicht ausreichen, um das Krustenmaterial aufzuschmelzen. Die Kontaktmetamorphose unterscheidet sich von der Regionalmetamorphose durch geringere Drücke und zum Teil durch höhere Temperaturen. Die geschlängelte Linie in der rechten Hälfte des Diagramms, die den Aufschmelzungsbeginn kennzeichnet, zeigt uns, daß sich die Schmelztemperatur mit *steigendem* Druck erniedrigt.

Viele Beobachtungen und Überlegungen wurden angestellt, um die Umwandlungsgesteine entsprechend den bei ihrer Entstehung herrschenden Bedingungen zu ordnen. Die regionalmetamorphen Gesteine hat U. GRUBENMANN, aufbauend auf Vorschlägen des finnischen Gelehrten J. J. SEDERHOLM, drei „Tiefenzonen“ zugeordnet. Jede dieser Zonen ist charakterisiert durch bestimmte physikalische Bedingungen (Druck, gerichteter Druck = Streß, Temperatur). In Abhängigkeit davon entstehen charakteristische

Abb. 50: Schematisches Druck-Temperatur-Diagramm der Metamorphosearten (vereinfacht nach H. G. F. WINKLER (1965))



Mineralgemeinschaften, deren Natur im einzelnen vom Ausgangsbestand bestimmt wird. Die Umwandlung eines Schiefertons führt unter gleichen Druck-Temperatur-Bedingungen zu einem anderen Gestein als die eines Gabbros oder eines Kalksteins.

Manche Minerale sind in Umwandlungsgesteinen aller drei Zonen beständig und werden deshalb „Durchläufer“ genannt. Überhaupt ist eine scharfe Grenze zwischen den drei Zonen kaum zu ziehen, denn in der Natur gibt es Übergänge. Auf Grund der *Mineralgemeinschaft* läßt sich ein Umwandlungsgestein aber in vielen Fällen einer metamorphen Zone zuordnen.

Folgende drei Zonen unterscheidet GRUBENMANN:

Zone	physikalische Merkmale	typische Minerale
<i>Epizone</i>	Temperatur und Druck im allgemeinen niedrig	Chlorit Fe-Al-Granat Epidot Grammatit Serizit (feinschuppiger Muskovit) Albit u. a.
<i>Mesozone</i>	höhere Temperaturen und Drücke; gerichtete Druckbeanspruchung wirksam	Muskovit, Biotit Staurolith Disthen Epidot, Zoisit, Diopsid Albit, Plagioklas bis 15% Anorthitgehalt u. a.
<i>Katazone</i>	sehr hohe Temperaturen und Drücke (bis Schmelzbeginn); allseitige Druckbeanspruchung herrscht gegenüber einseitiger Beanspruchung (Streß) vor	Muskovit, Biotit Sillimanit Cordierit Andalusit Wollastonit Almandingranat Feldspäte u. a.

Eine in vieler Beziehung zweckmäßigere Ordnung hat der finnische Gelehrte PENTTI ESKOLA 1921 vorgeschlagen, indem er das „Mineralfaziesprinzip“ einführte. Wir wollen diese nicht ganz leichtverständliche Art einer Einteilung der Umwandlungsgesteine hier nicht ausführlich besprechen. Sie beruht auf der Vorstellung, daß bei gleichem Ausgangschemismus unter denselben Druck-Temperatur-Bedingungen stets der gleiche Mineralbestand entstehen muß. Ändert sich die chemische Zusammensetzung, so ändert sich auch die Mineralgemeinschaft gesetzmäßig, und das kann in entsprechenden Diagrammen übersichtlich dargestellt werden. Das Gesicht (lat. *facies* = Gesicht, äußere Erscheinung) eines Umwandlungsgesteins wird geprägt durch den Chemismus und die bei seiner Formung herrschenden Drücke und Temperaturen. *Alle metamorphen Gesteine, die innerhalb eines in festgelegten Grenzen schwankenden Druck-Temperatur-Bereiches entstanden, rechnen zu einer Mineralfazies.* Der Wechsel von einer Mineralfazies zu einer anderen ist in der Regel an charakteristische Mineralreaktionen gebunden, die zu einem andersartigen Mineralbestand führen. Durch systematische experimentelle Forschung im Verein mit genauen Gesteinsuntersuchungen ist es nunmehr möglich, viele dieser kennzeichnenden Mineralreaktionen anzugeben.

Die exakte Analyse der Mineralgesellschaft eines Umwandlungsgesteins ergibt dann, zu welcher Mineralfazies dieses Gestein zu stellen ist. In der folgenden Tabelle sind die verbreiteten Umwandlungsgesteine genannt.

Die wichtigsten Metamorphite

A. Kontaktgesteine

Ausgangsgestein	→ zunehmende Umwandlung		
Ton, Schieferton, Tonschiefer	<i>Knoten-, Fleck- und Frucht-schiefer</i>	<i>Knotenglimmer-schiefer</i>	<i>Hornfels</i> (+ Andalusit)
Mergel, Mergelschiefer	<i>Kalksilikatfels</i> mit verschiedenen Silikaten (Grossular, Grammatit, Diopsid, Vesuvian u. a.) Umwandlung mit Stoffzufuhr → <i>Skarn</i>		
Kalkstein, Dolomit	<i>Kontaktmarmor</i> mit Calcit bzw. Dolomit als Hauptbestandteil, untergeordnet Kalksilikatminerale		
Quarzsandstein	← <i>Quarzit</i> →		
Bauxit			<i>Smirgel</i> (+ Korund) <i>Magneteisenerz</i>
Limonit, Siderit (Eisenerze)			
Diabas		<i>Diabashornfels</i>	<i>Pyroxen-Plagioklas-Hornfels</i>

B. Regionalmetamorphe Gesteine (ohne Stoffzufuhr)

Ausgangsgestein	→ zunehmende Umwandlung		
Ton, Schieferton, Tonschiefer	(Epizone) <i>Phyllit</i>	(Mesozone) <i>Glimmerschiefer</i>	(Katazone) <i>Gneis</i>
toniger Mergel	<i>Chloritschiefer</i>	<i>Aktinolithschiefer</i>	<i>Amphibolit</i> <i>Eklogit</i>
Mergel	<i>Kalksilikatgesteine</i> mit → Epidot → Grammatit → Diopsid → Wollastonit u. a.		
Kalkstein, Dolomit	← <i>Marmor</i> →		
Quarzsandstein	← <i>Quarzit</i> → (Serizitquarzit)		
Diabas, Gabbro	„Grünschiefer“	<i>Epidot-Amphibolit</i>	<i>Amphibolit</i>
Peridotit	<i>Serpentin</i> und andere „Magnesiumsilikatschiefer“		<i>Eklogit</i>
Granit/Arkose	„Phyllonit“		<i>Gneis, Granulit</i>
Diorit/Mergelton		→ <i>Epidot-Hornblende-Schiefer</i>	<i>Hornblendegneis</i> <i>Augitgneis</i>
Kohlengesteine	→ <i>Anthrazit, Graphit</i>		

EINIGE PRAKTISCHE RATSCHLÄGE FÜR DEN MINERALSAMMLER

Wer tiefer in das Stoffgebiet der Mineralogie eindringen möchte, sollte sich in den mineralogischen Schausammlungen einen ersten Überblick über die Welt der Minerale verschaffen. An einigen Hochschulen bestehen geowissenschaftliche Sektionen oder entsprechende Abteilungen. Sie verfügen über ein mehr oder weniger umfangreiches Belegmaterial. Aber auch viele Heimatmuseen, besonders in Bergbaugebieten, zeigen Proben von Mineralen und Gesteinen. Die Mitarbeiter der öffentlichen Sammlungen werden gewiß bereit sein, interessierten Liebhabern Ratschläge zu erteilen. Fast immer kennen sie die Mineralfundpunkte der näheren und weiteren Umgebung. Freilich sollte man mineralogische Schausammlungen des öfteren besuchen und sich gründlich orientieren – mit einem einmaligen Besuch ist es nicht getan.

Sehenswerte Sammlungen befinden sich in der DDR in folgenden Städten:

Freiberg (Sachsen): Sammlungen der Sektion Geowissenschaften der Bergakademie, Brennhausgasse 16

Berlin: Mineralogische Sammlung im Naturkundemuseum, Invalidenstr. 43

Dresden: Staatliches Museum für Mineralogie und Geologie, Augustusstr. 2.

Wer selbst sammeln will, muß sich darüber unterrichten, wo Erze und andere mineralische Rohstoffe gewonnen und verarbeitet werden. In Gebieten mit Bergbau ist es verhältnismäßig einfach, sich Mineralproben zu beschaffen. Ab und zu wird es sogar möglich sein, von einem Mineral größere Mengen zu erhalten. Vielleicht kommt dieses Mineral in anderen Gebieten nicht häufig vor, so daß es auch als Tauschobjekt dienen kann. Durch eigene Sammeltätigkeit, durch Tausch mit anderen Mineralliebhabern und durch gelegentliche Käufe läßt sich eine Sammlung nach und nach vervollständigen.

Seine Geländerouten bereitet der Sammler am besten anhand einer geologischen Karte vor. Diese Karten enthalten nicht nur Angaben über den geologischen Aufbau eines Gebietes, sondern sie verzeichnen auch die wichtigsten Aufschlüsse. Unter einem „Aufschluß“ verstehen wir Stellen, an denen das Gestein unverhüllt vom Verwitterungsschutt oder von der Bodendecke zutage tritt. Natürliche Aufschlüsse sind steile Berghänge, Taleinschnitte, Kliffe am Meeresstrand u. a. m. Künstliche Aufschlüsse stellen Bergwerke und Tagebaue dar, aber auch Straßeneinschnitte, Baugruben und Bohrungen rechnen dazu. Wer aufmerksam umherstreift, wird des öfteren auf anstehendes Gestein stoßen, sei es im Gebirge, im Flachland oder am Meer. Häufiger als einzelne Minerale wird er Gesteine vorfinden, deren Bestandteile zu bestimmen er sich üben sollte. Nicht selten lassen sich jedoch auch einzelne Minerale in Klüften und Hohlräumen von Gesteinen beobachten. Bereits im Gelände muß eine Auswahl getroffen werden, denn nicht alles, was man entdeckt und untersucht, lohnt es mitzunehmen.

Für die Arbeit im Gelände benötigen wir einige Werkzeuge. Unentbehrlich ist ein *Hammer* zum Abschlagen und Zerkleinern von Gesteins- und Mineralproben. Das Gewicht des Hammers soll etwa 500 g betragen und der Stiel etwa 50 cm lang sein. Zum Freilegen von Kluft- und Drusenräumen eignet sich am besten ein Geologenhammer. In vielen Fällen ist es vorteilhaft, mehrere *Meißel* mitzuführen, um mit ihrer Hilfe den Gesteinsverband zu lockern. Man benutzt sie auch dazu, die Stücke in ein geeignetes Format zu bringen, denn mit einem Hammer wird der Ungeübte Gefahr laufen, gut

entwickelte Kristalle zu zerschlagen. Eine *Lupe*, eine *Strichtafel*, ein *Taschenmesser* für die provisorische Härtebestimmung und unter Umständen eine Kunststoffflasche mit verdünnter Salzsäure zum Prüfen auf Karbonat ergänzen die Ausrüstung.

Die zum Mitnehmen ausersehenen Proben muß man noch im Aufschluß genau beschriften und sodann sorgfältig verpacken. Schon manche gute Kristallstufe hat ihren Wert verloren, weil der Fundort vergessen wurde. Wenn eine topographische Karte vorhanden ist, dann kann die Fundstelle mit einem Nadelstich markiert und auf der Rückseite der Karte numeriert werden. Ist es nicht möglich, das Mineral im Gelände sicher zu bestimmen, dann begnügen wir uns mit der Angabe des Fundortes und einer Nummer. Es empfiehlt sich, das Datum zu notieren, um Verwechslungen auszuschließen:

Nr. 12

Drusenminerale im Granit
(nicht näher bestimmbar)

Fundort: Steinbruch Knaupsholz westlich
von Drei-Annen-Hohne (Harz)

Datum: 28. Juli 1981

Auf diesem Fundortzettel kann auch der Name des Sammlers eingetragen werden. Wer sichergehen will, schreibe alle Angaben auf einen Block durch und lege nur die Durchschrift zur Probe. Er kann außerdem ein kleines Stück selbsthaftendes Industrieband an die Probe kleben und mit der Fundnummer beschriften.

Viel Sorgfalt sollten wir dem Verpacken der zum Mitnehmen bestimmten Mineralproben widmen. Frei aufgewachsene Kristalle müssen mit Watte und Papier so umhüllt werden, daß sie beim Transport nicht abbrechen können. Natürlich hängt es von der Beschaffenheit der jeweiligen Stufe ab, wie sie verpackt werden muß. Keinesfalls sollte man derbe Stücke und gut ausgebildete Kristalle zusammen unterbringen. Die wertvollen Stufen gehören in kleine, feste Schachteln oder Dosen, in denen der Zwischenraum mit Watte oder Papier ausgestopft wird. Einzelkristalle bringen wir am besten in kleinen Glasröhrchen oder Kunststoffbehältern unter. Bei dieser Gelegenheit sei darauf hingewiesen, daß der Anfänger dazu neigt, alle einigermaßen ansehnlichen Fundstücke mitzunehmen. Es ist aber besser, gleich am Fundpunkt zu prüfen, was in die eigene Sammlung aufgenommen werden soll und welche Stücke sich für einen eventuellen Tausch eignen. Alles weitere Material würde die Sammlung, für die meist ein sehr begrenzter Raum verfügbar ist, nur belasten und muß deshalb zurückbleiben. Auch sollten wir bereits im Aufschluß eine bestimmte Größe bevorzugen. Zwar wird das Format der Objekte innerhalb gewisser Grenzen schwanken, jedoch dürfte im Durchschnitt ein Format zwischen $4,5 \times 7,0$ cm und $7,0 \times 9,0$ cm am besten geeignet sein. Größere Stufen bewahre man nur dann auf, wenn es sich um ausgesprochen gute Schaustücke handelt, die unter Umständen auch in einem Museum ihren Platz finden könnten. An kleineren Stücken werden lediglich *gut ausgebildete Einzelkristalle* aufgenommen. Diese bewahren wir am besten in wattegepolsterten Glasröhrchen auf.

Die im Gelände aufgesammelten Proben werden zu Hause gesäubert. Meist genügt es, das Material mit einem harten Pinsel unter fließendem Wasser abzubürsten. Eine Behandlung mit verdünnter Salzsäure empfiehlt sich nur

in den Fällen, wo Kristalle von Verwitterungshäuten überzogen sind. Vor dem Reinigen ist die Beschaffenheit der Probe zu untersuchen. Empfindliche Gipsrasen dürfen selbstverständlich nicht mit der Bürste gereinigt und calcithaltige Stufen nicht mit verdünnter Salzsäure behandelt werden.

Anschließend bestimmt man die Funde, soweit das nicht bereits im Gelände geschehen ist. Mit der einwandfreien Bestimmung der Minerale steht und fällt der Wert jeder Sammlung. Diese Arbeit setzt Geduld und Ausdauer voraus. Auch läßt sich ein Fund nicht immer allein nach den äußeren Kennzeichen sicher identifizieren. Oft müssen Untersuchungen mit einem Polarisationsmikroskop oder röntgenographische Daten das Resultat sicherstellen. Die Methoden, welche dabei anzuwenden sind, können in einem Buch wie dem vorliegenden nicht behandelt werden. In den mineralogischen Standardwerken findet man sie ausführlich beschrieben. Der Anfänger arbeite in komplizierten Fällen mit Fachmineralogen zusammen. Eine vollständige Bestimmung muß folgendes erfassen:

1. *Hauptmineral* (es sollte deutlich erkennbar und, sofern Kristalle vorliegen, unversehrt sein);
2. *Begleitmineral* bzw. -minerale;
3. gegebenenfalls die *Natur des Gesteins*, auf dem bzw. in dem sich das Mineral befindet.

In unsere Sammlung nehmen wir *das jeweils beste Stück* auf. Nur wenn verschiedene Ausbildungsarten ein und desselben Minerals vorliegen (Kristall und derbe Ausbildung, verschiedene Form oder Farbe), kann es gerechtfertigt sein, mehrere Proben aufzubewahren.

Unbedingt erforderlich ist es, das Sammlungsobjekt eindeutig zu beschriften. Nehmen wir an, bei der genauen Untersuchung hat sich herausgestellt, daß unsere im Granitsteinbruch aufgesammelte Mineralprobe vor allem gut kristallisierten *Chabasit* zeigt, der von den Mineralen Epidot, Rauchquarz und Orthoklas begleitet wird. Dann müßte das endgültige Etikett folgendermaßen aussehen:

Nr. 213	Sammlung B. Richter
<i>Chabasit XX</i>	
Rauchquarz, Orthoklas und Epidot auf Granit	
Vorkommen: Steinbruch Knapsholz westlich Drei-Annen-Hohne (Harz)	

Die Nummer ist jetzt die fortlaufende Sammlungsnummer im Unterschied zur Zahl auf dem Geländezettel. Sie wird am besten an der Unterseite oder einer unscheinbaren Stelle der Stufe aufgeklebt. Auf der Rückseite des Etiketts kann notiert werden, wie das Mineral erworben wurde. Wenn man es selbst gesammelt hat, gibt man das Fundjahr an, bei gekauften Stufen den Preis und bei getauschten den Namen des Tauschpartners. Auch das Gewicht der Probe in Gramm kann dort verzeichnet werden.

Umfaßt die Sammlung eine größere Zahl von Mineralen, dann ist es von Vorteil, die Proben nach der laufenden Nummer und außerdem alphabetisch nach den Mineralnamen zu registrieren. Auf diese Weise läßt sich dann schnell herausfinden, ob man z. B. mehrere Stufen mit Chabasit besitzt und von welchen Vorkommen sie stammen.

Es gehört zur eindeutigen Beschriftung, den Fundort möglichst exakt anzugeben. Viele mit großer Mühe zusammengetragene Minerale sind für wissenschaftliche Zwecke wertlos, weil die Fundstelle entweder gar nicht oder ungenau notiert wurde. Besonders bei ausländischen Vorkommen begnügt man sich oft mit großzügigen Hinweisen, wie Ural, Nordamerika, New Jersey usw. Auch die Beschriftung „*Topas*, Erzgebirge“ ist unzureichend. Nicht immer wird es möglich sein, den *Aufschluß* anzugeben, dann sollte aber zumindest ein nahegelegener Ort auf das Etikett geschrieben und in das Register eingetragen werden. Bei Eigenfunden muß selbstverständlich eine präzise Angabe einschließlich genauer Bezeichnung des Fundpunktes vorliegen. Wir gehen davon aus, daß aufgesammelte Minerale später manchmal dazu dienen, wissenschaftliche Fragen zu beantworten. Oft sind, wenn Probleme auftauchen, die interessierenden Vorkommen bereits erschöpft oder, falls es sich um alte, aufgelassene Gruben handelt, nicht mehr zugänglich. Für solche Untersuchungen haben aber nur die Minerale einen Wert, deren Fundstelle möglichst genau angegeben ist.

Nach welchen Gesichtspunkten soll man nun sammeln? Das hängt nicht zuletzt von den Möglichkeiten und Neigungen des einzelnen ab. Am leichtesten zu bewerkstelligen ist der Aufbau einer *Lokal-* oder *Regionalsammlung*. Darin werden nur Minerale aus einem bestimmten Vorkommen bzw. Gebiet aufgenommen. Derartige Sammlungen können, um einige Beispiele zu geben, Minerale aus dem Freiburger Lagerstättengebiet, aus dem Harz, dem Thüringer Wald oder dem Erzgebirge enthalten. Mehr Schwierigkeiten bereitet es, eine *systematische Sammlung* aufzubauen. In ihr sind die Minerale nach kristallchemischen Gesichtspunkten geordnet, so wie wir es in dem Abschnitt „Die chemische Zusammensetzung der Minerale“ (S. 78) beschrieben haben. Eine genaue Zuordnung läßt sich vornehmen, wenn wir uns auf ein neueres Buch über spezielle Mineralogie oder auf kristallchemische Tabellen stützen (siehe Literatur am Ende dieses Abschnitts). Wer jedoch eine einigermaßen gute systematische Sammlung anlegen möchte, wird seine eigenen Funde durch Tausch oder Kauf ergänzen müssen. Weitere Themen für den Aufbau einer Sammlung wollen wir nur andeuten. Man kann von der Kristallgestalt oder der Verwendung der Minerale ausgehen. Das führt zu *Kristallsammlungen*, geordnet nach Kristallsystemen und -klassen, zu *Sammlungen nutzbarer mineralischer Rohstoffe* und zu *Edelsteinsammlungen*. Die Zusammenstellung von Mineralen aus einer einzigen Lagerstätte kann wertvoll sein, wenn darin *alle* in dieser Lagerstätte auftretenden Minerale erfaßt sind. Es gibt also viele Möglichkeiten, zwischen denen wir wählen können.

Nicht jedem Sammler wird es möglich sein, durch das Aufsuchen von Fundpunkten oder durch Kauf gut kristallisierte Minerale in größerem Format zusammenzubringen. Wir müssen berücksichtigen, daß viele Vorkommen, die in der vergangenen Zeit prächtige Kristallstufen geliefert haben, inzwischen erschöpft sind oder der Bergbau aus wirtschaftlichen Erwägungen eingestellt worden ist. Aber auch dort, wo gegenwärtig Lagerstätten abgebaut werden, sind ausgesprochen gute Schaustücke relativ selten. Aus diesem Grund sind manche Sammler dazu übergegangen, nur ganz kleine Stücke zusammenzutragen und diese unter einem Stereomikroskop zu betrachten. Diese zentimetergroßen Proben werden auf eine Kunststoffunterlage geklebt. Für ihre Aufbewahrung wird wenig Raum benötigt, und durch die Betrachtung mit einem Binokular unter schwacher Vergrößerung kommen Form und Farbe der oftmals sehr gut ausgebildeten Kristalle gut zur Wirkung. In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, daß auch die größeren Stufen mit einem Stereomikroskop betrachtet werden sollten, wenn ein derartiges Gerät

vorhanden ist. Auf diese Weise lassen sich nicht selten wichtige Beobachtungen zur Ausbildung der Minerale anstellen oder weitere Minerale erkennen.

Wer Kristalle sammelt, sollte sich unbedingt grundlegende Kenntnisse auf dem Gebiet der geometrischen Kristallographie aneignen. Das ist nicht nur deshalb notwendig, um die Kristalle in die entsprechende Symmetrieklasse einzuordnen, sondern auch für eine möglichst genaue Bezeichnung der an einem Mineral vorhandenen Flächen und Formen. Erst durch das Verständnis der kristallgeometrischen Grundlagen lassen sich auch interessante Zusammenhänge zwischen dem Vorkommen und der Ausbildung von Mineralen aufklären. So gibt es z. B. Lagerstätten, in denen die Ausbildung des Calcits von den Druck-Temperatur-Bedingungen während der Kristallisation dieses Minerals und den in der Lösung anwesenden anderen Bestandteilen abhängig war. Auch eine Sammlung, die nur Kristalle und Kristallzwillinge von Calcit enthält und die ganze Vielfalt der Ausbildung dieser Mineralart widerspiegelt, kann sehr lehrreich sein.

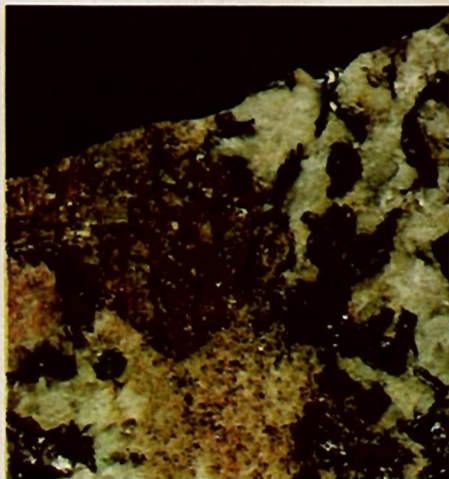
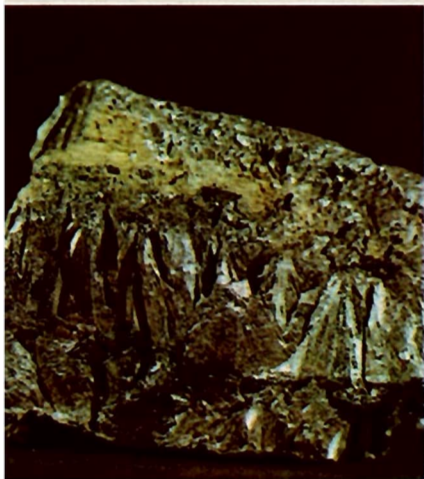
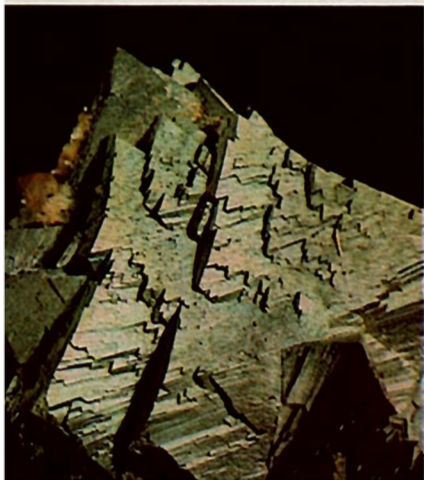
Jeder Mineralliebhaber sollte bemüht sein, bei der praktischen Sammeltätigkeit möglichst viele Beobachtungen zum Vorkommen der Minerale anzustellen und jedes gefundene Mineral als Ausdruck eines bestimmten, wenn auch zeitlich oftmals sehr lange zurückliegenden Bildungsprozesses zu betrachten. Nur so eröffnet sich ihm nach und nach das Verständnis für die Vorgänge in der Natur, insbesondere für die Bildung und Umbildung der anorganischen Bestandteile unserer Erdkruste. Man sollte also nicht nur das einzelne Mineral betrachten, sondern nach der Art und Weise seiner Entstehung fragen. Handelt es sich um den Bestandteil eines Erstarrungsgesteins, um die Ausfüllung einer hydrothermalen Kluft oder um eine Konkretion in einem Sedimentgestein? Wie sieht der geologische Aufbau des Gebietes aus, in dem das Mineral vorkommt? Wenn die Bildungsweise eines Minerals richtig erkannt wird, besteht später die Möglichkeit, die Funde auch unter Berücksichtigung der Bildungsbedingungen zu betrachten und nach den im ersten Teil dieses Buches beschriebenen Abfolgen zu ordnen. Außerdem werden uns diese Kenntnisse für die weitere Sammeltätigkeit von Nutzen sein.

Wer sich für das Vorkommen der chemischen Elemente und ihrer Verbindungen in der Natur interessiert, wird sich nach und nach die chemischen Formeln der Minerale einprägen oder zumindest die in den einzelnen Mineralen enthaltenen Elemente im Gedächtnis behalten. Von besonderer Bedeutung werden für ihn die Elemente sein, die von der Industrie benötigt und als Bestandteil der Erze in verschiedenen Lagerstätten abgebaut werden. Er kann sich eine Sammlung der wichtigsten Erze eines Metalls oder einer Gruppe von Metallen zusammenstellen; z. B. Silberminerale, Eisenminerale, Kupferminerale, Uranminerale usw. Beim Sammeln von Uranmineralen, die durch ihre zum Teil auffallend grellen grünen, gelben und orangeroten Farben einen reizvollen Anblick bieten, muß durch eine geeignete Unterbringung eine Strahlengefährdung ausgeschlossen werden. Am sichersten bewahrt man sie in mit Bleiblech ausgeschlagenen Kästchen auf. In einer solchen Rohstoffsammlung sollte außer dem Mineralnamen und -vorkommen auch die chemische Zusammensetzung und der Gehalt an dem betreffenden Element aufgeführt sein. Da zahlreiche chemische Elemente durch die Untersuchungen von Mineralen entdeckt wurden, kann eine Sammlung der Minerale, in dem ein Element erstmalig nachgewiesen wurde, sehr aufschlußreich sein.

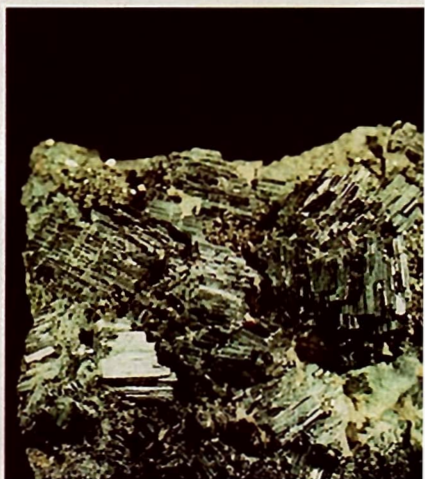
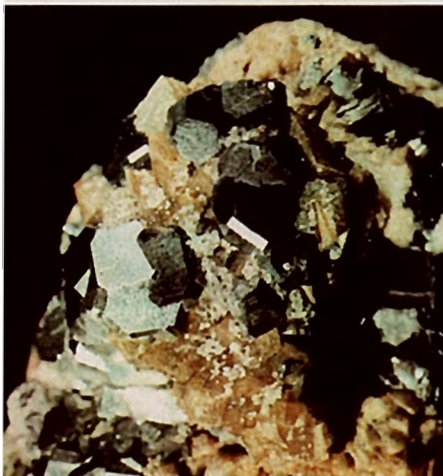
Durch ein in Verbindung damit vorzunehmendes Literaturstudium erhält der Sammler gleichzeitig einen Einblick in die Entdeckungsgeschichte der chemischen Elemente.

Wir verzichten darauf, in diesem Buch, das vor allem zur Mineralbestimmung nach äußeren Merkmalen benutzt werden soll und sich somit nicht nur an die Sammler eines bestimmten Gebietes wendet, umfangreiche Hinweise zu Vorkommen und Fundstellen zu unterbreiten. Die entsprechenden Angaben im Bestimmungsteil sind lediglich als Hinweise dafür zu betrachten, wo dieses Mineral unter anderem vorkommt. Wer es nicht dem Zufall überlassen möchte, ob er in einem Aufschluß oder auf einer Bergbauhalde etwas findet, sollte sich einer Interessengemeinschaft anschließen, in der DDR z. B. der Fachgruppe Geologie des Kulturbundes. Auf diese Weise wird er nicht nur die Fundpunkte erfahren, deren Besuch sich auch heute noch lohnt, sondern auch geeignete Tauschpartner finden. Für manche Sammelgebiete gibt es zusammenfassende Literatur über die Mineralvorkommen. Für die Interessenten der DDR sei das Buch „Einheimische Minerale“ von H. Vollstädt erwähnt, in dem die Mineralvorkommen dieses Gebietes beschrieben werden. An vielen der darin genannten Fundpunkte lassen sich bei einiger Geduld und etwas Glück recht gute Mineralproben gewinnen, seien es die Achate von Halsbach bei Freiberg, von St. Egidien und Schlottwitz, der in weingelben Kristallen auftretende Topas vom Schneckenstein im Vogtland oder die durch den Zinnerzbergbau im Erzgebirge zutage gebrachten Minerale. Einige der behandelten Vorkommen sind weltbekannt, weil die dort auftretenden Minerale nicht sehr verbreitet sind. Dazu rechnet z. B. der *Kornerupin* (Prismatin) von Waldheim im Granulitgebirge oder der *Karpholith*, der innerhalb der metamorphen Zone des Unterharzes vorkommt. Aber auch außerhalb der Mittelgebirge mit ihren vielen natürlichen und künstlichen Aufschlüssen gibt es zahlreiche Fundmöglichkeiten, denken wir z. B. an Pyritkonkretionen aus Tongruben bzw. vom Strand der Kreideküste auf Rügen oder an zentimetergroße Granatkristalle im Mineralverband der nordischen Geschiebe.

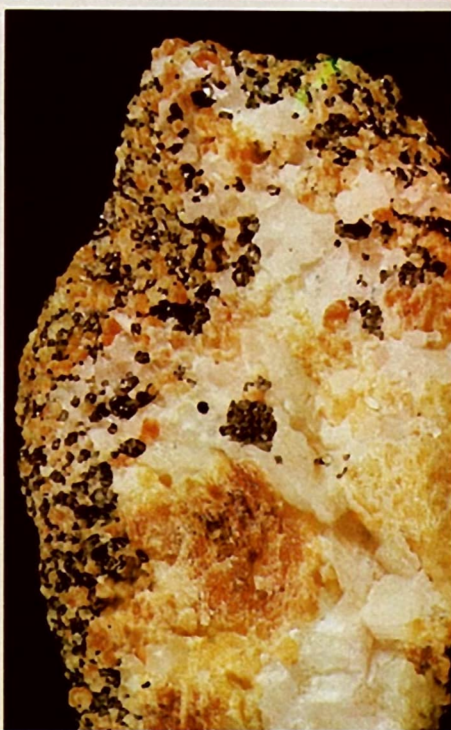
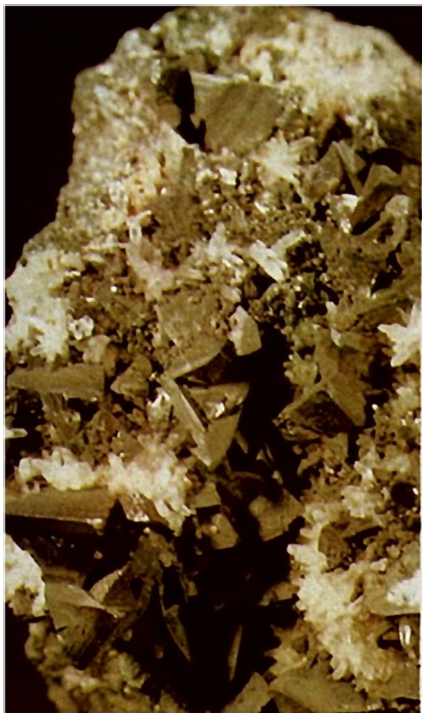
Nun noch ein Wort zu der Frage, wie wir unsere Sammlung aufbewahren und unterbringen. Zu jeder Mineralstufe gehört eine Schachtel. Aus ästhetischen Gründen verwende man nur gleichartige Schachteln mit aufeinander abgestimmten Formaten (z. B. $4,5 \times 7,0$ cm; $7,0 \times 9,0$ cm; $9,0 \times 12,0$ cm; 2 cm hoch). Zuerst kommt das Etikett in passender Größe in die Schachtel. Damit die Beschriftung lange erhalten bleibt, schütze man das Etikett durch eine Folie und lege erst dann die Probe darauf. Alle Proben sollten in einem geeigneten Schrank, am besten einem Sammlungsschrank mit einzelnen Schubkästen, staubfrei aufbewahrt werden. Eine einfache Ausführung, die für den Anfang genügt, sieht man auf Abbildung 51 (S. 21). Berücksichtigen wir diese knappen Hinweise, dann wird uns bereits eine kleine Sammlung mit eindeutig bestimmten Mineralen und mit ordnungsgemäßer Beschriftung viel Freude bereiten und zum weiteren Studium anregen.



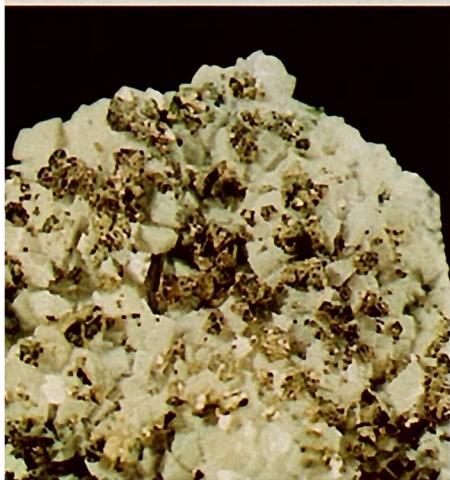
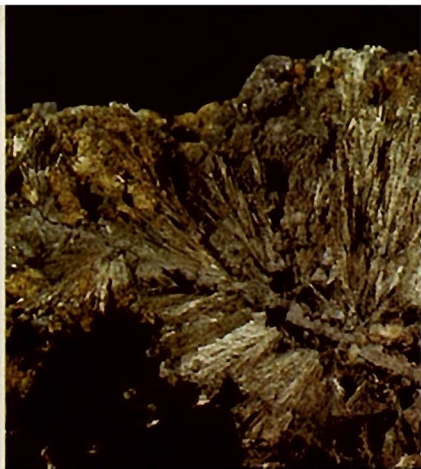
1 Wismut 3 (1,2:1), 2 Silber 4 (1:1), 3 Arsenopyrit 14 (1,6:1), 4 Arsenopyrit 14 mit Ankerit 182 (1,5:1), 5 Graphit 17 (1:1,2), 6 Molybdänit 18 (grau) mit Pyrit 49 und Quarz 284 (1,2:1) 137



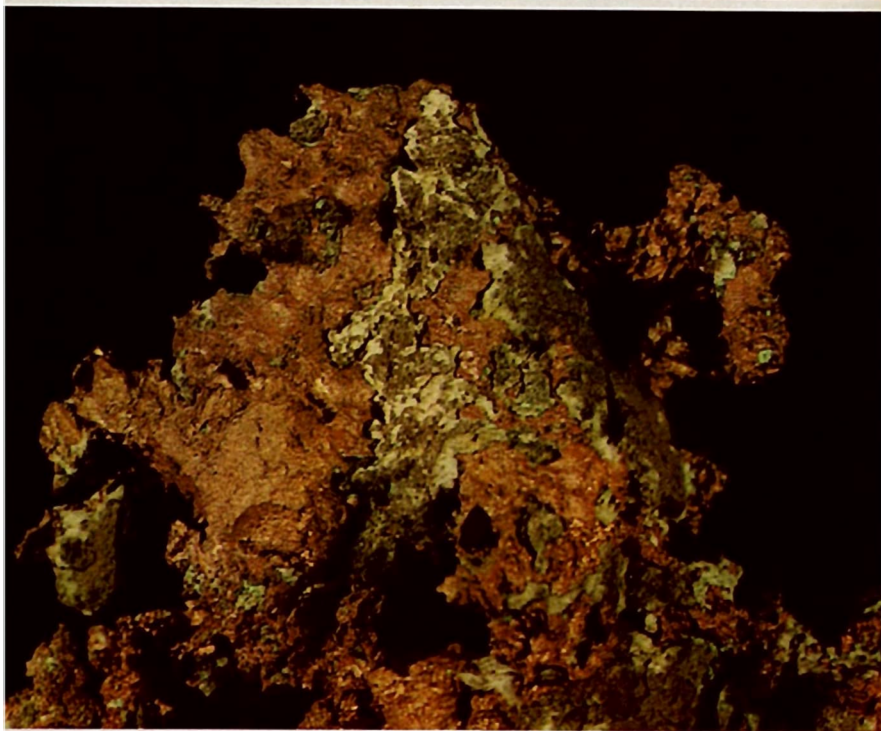
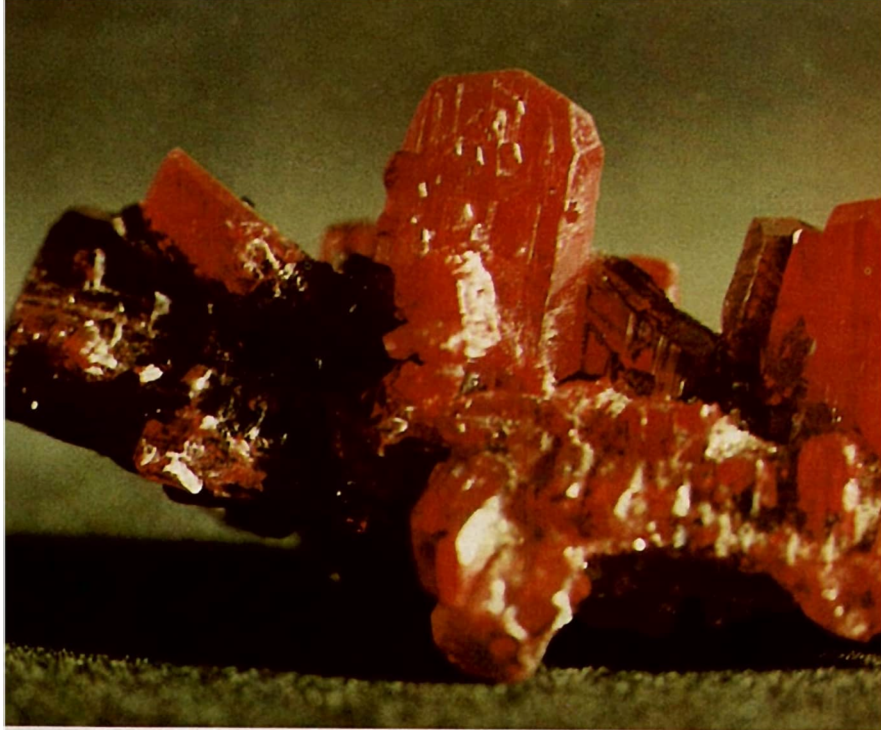
138 1 Antimonit 22 mit Antimonocker (1 : 1,3), 2 Antimonit 22 (1 : 1), 3 Galenit 24 mit Siderit 200 (1,3 : 1), 4 Jamesonit 25 mit Quarz 284 (1,4 : 1), 5 Chalkosin 27 mit Azurit 115 (blau) und Chrysokoll 155 (grün) (1 : 2), 6 Bournonit 28 (1,2 : 1)



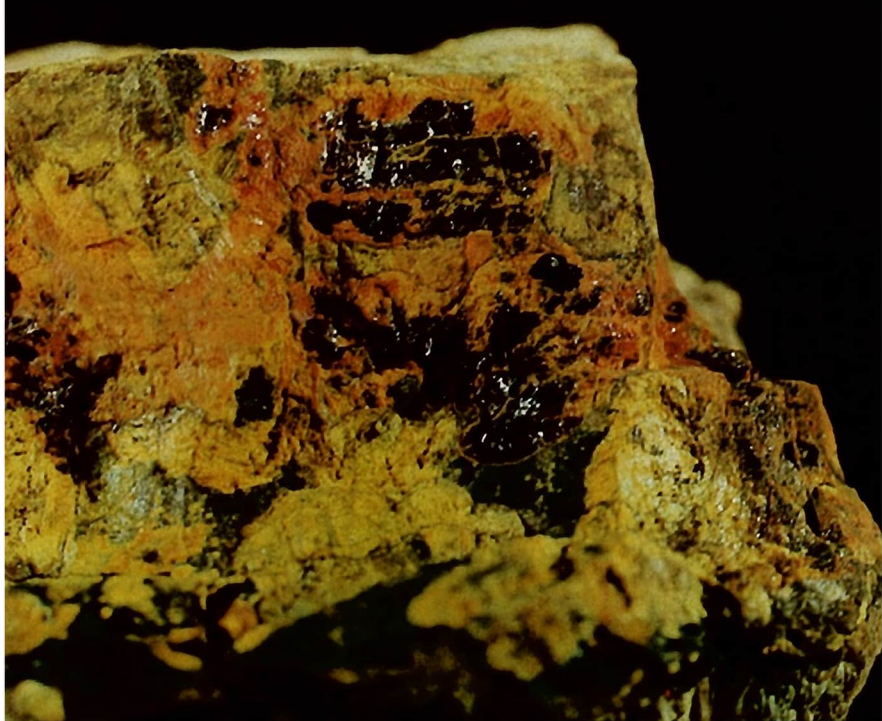
1 Tetraedrit 31 mit Quarz 284 (1,8 : 1), 2 Chloanthit 37 (1,2 : 1), 3 Arsen 40 (1,6 : 1), 4 Franklinit 41 (schwarz) mit Willemit 239 (rötlichgelb) und Calcit 168 (weiß) (1,1 : 1) 139



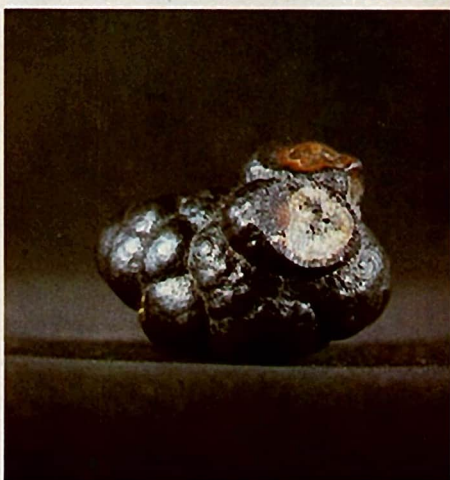
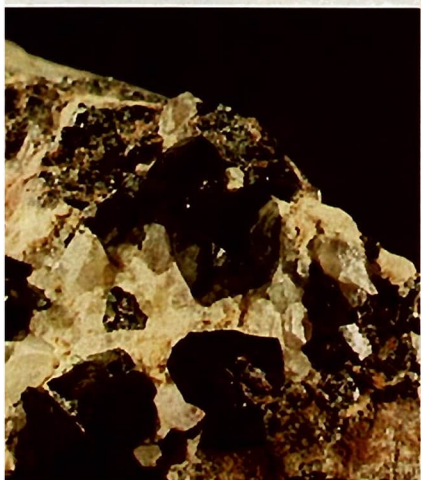
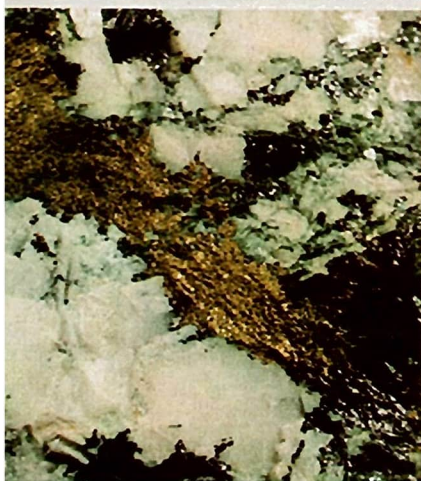
140 1 Gold 43 in Quarz (1,9 : 1), 2 Millerit 44 (1 : 1), 3 Chalkopyrit 45 (1 : 1,3), 4 Pyrrhotin 48 (1,1 : 1), 5 Pyrit 49 (1 : 1), 6 Markasit 50 (1 : 1)



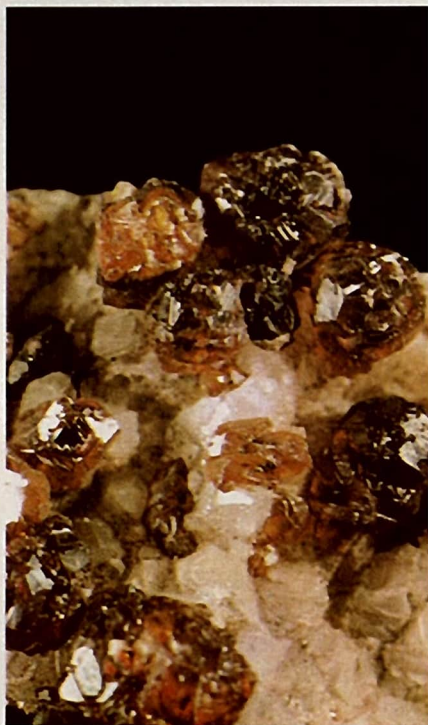
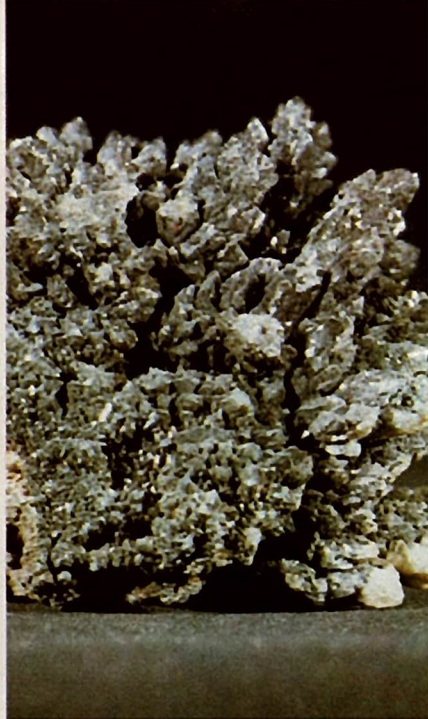
1 Proustit 51 (2,5 : 1), 2 Kupfer 52 (1,6 : 1)



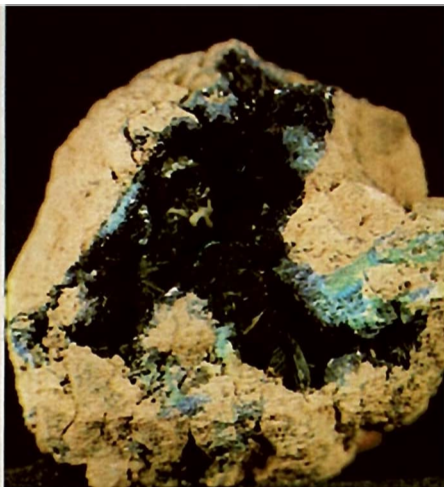
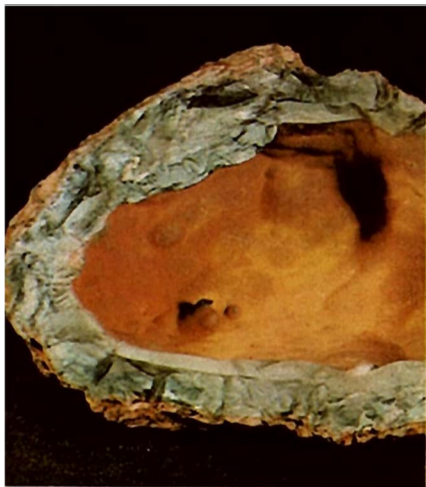
142 1 Uraninit 59 (schwarz) mit Gummite 96 (rot) (2,4 : 1), 2 Psilomelan 60 (1,5 : 1)



1 Covellin 56 mit Malachit 112 (1 : 1), 2 Pyrolusit 57 (1 : 1,2), 3 Bornit 54 (blaugrau) mit Chalkopyrit 45 und Calcit 168 (1,5 : 1), 4 Nickel 55 (tombak) mit Chloanthit 37 (1,8 : 1), 5 Cassiterit 65 mit Quarz 284 (1,1 : 1), 6 Cassiterit 65 – Var. Holz-zinn (1 : 1,3)

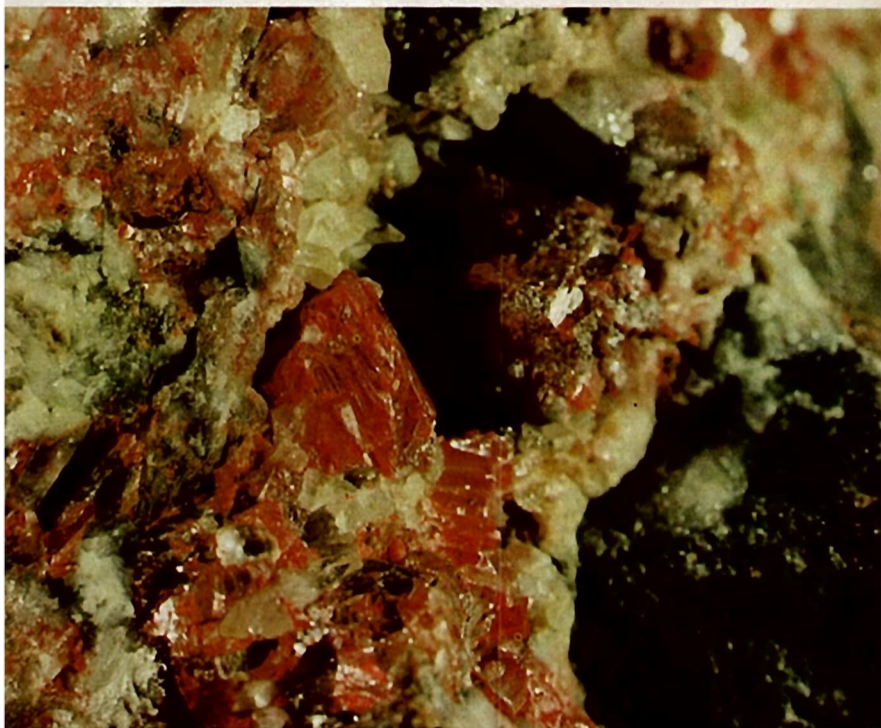


144 1 Magnetit 62 (1,2 : 1), 2 Descloizit 66 Var. Mottramit (1 : 1), 3 Sphalerit 67 mit Calcit 168 und Ankerit 182 (rosa) (1,6 : 1), 4 Sphalerit 67 – Var. Honigblende auf Quarz 284 (2 : 1)

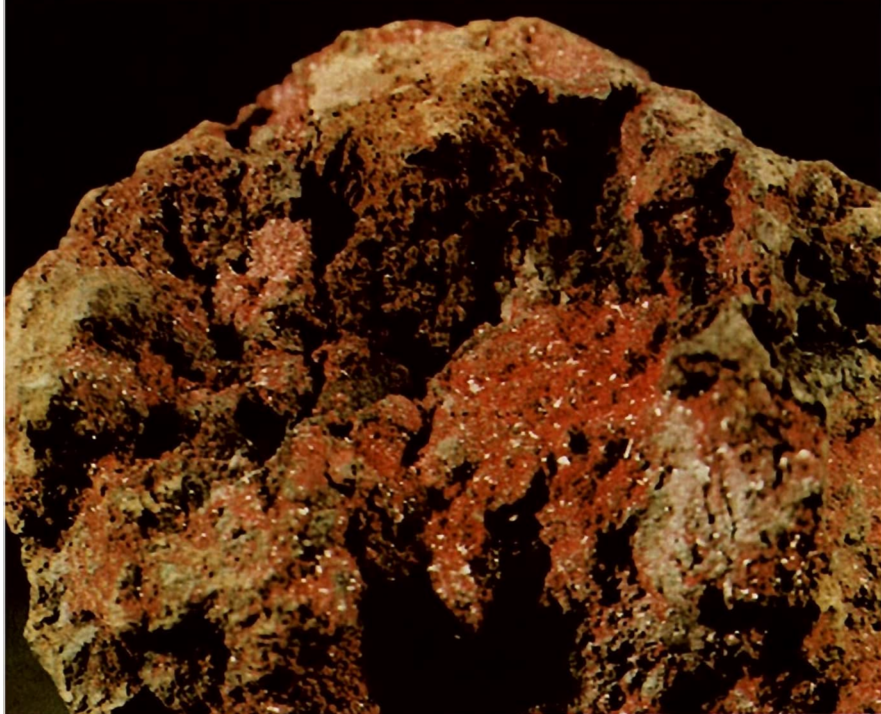


1 Limonit 69 (1 : 1,5), 2 Azurit 115 mit Limonit 69 (1:2), 3 Linarit 117 (blau) mit Malachit 112 (1,2: 1), 4 Manganit 70 mit Baryt 174 (1,2: 1), 5 Goethit 72 - Var. Samtblende auf Galenit 24 (1 : 1,3), 6 Goethit 72 (1 : 1)

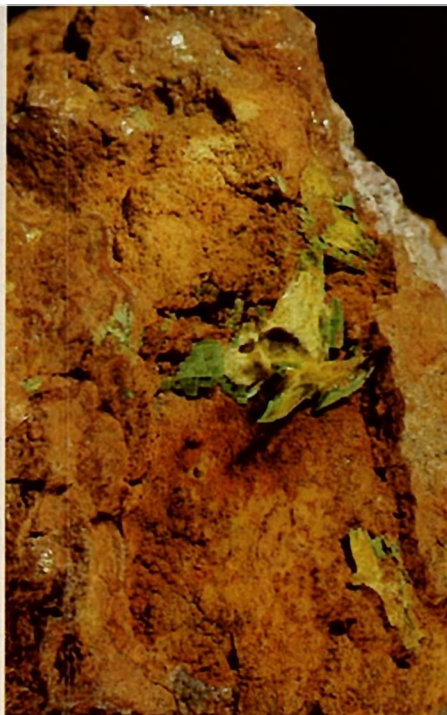




1 Erythrin 84 (1,8 : 1), 2 Krokoit 86 (1,7 : 1), 3 Cinnabarit 85 mit Quarz.(2 : 1)



148 1 Cuprit 88 – Var. Chalkotrichit auf Limonit 69 (2,7 : 1), 2 Hämatit 89 (1 : 1), 3 Hämatit 89 – Var. Roter Glaskopf (1 : 1)



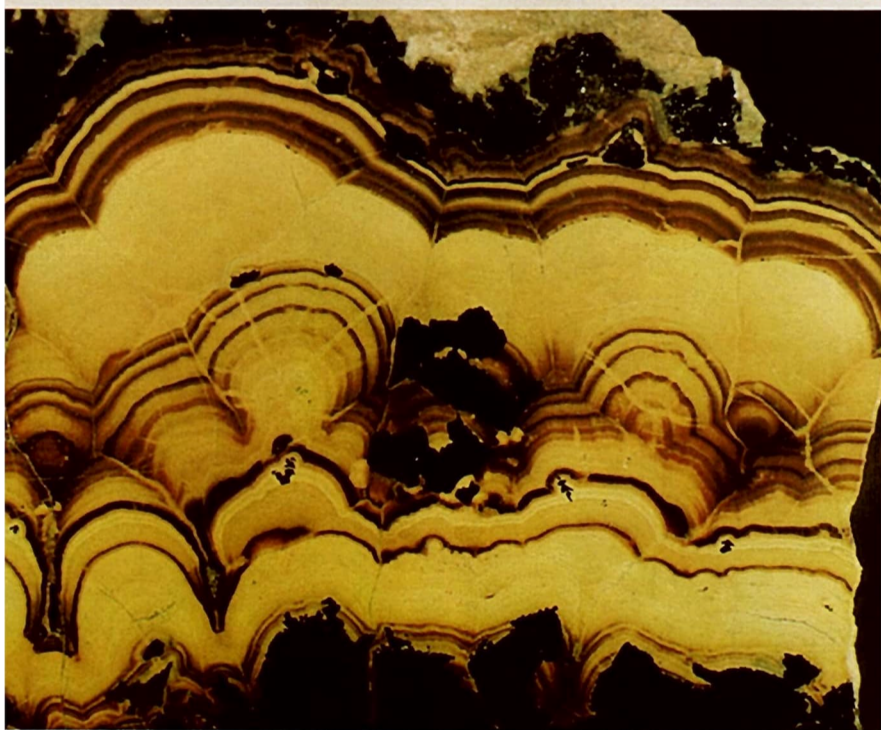
1 Auripigment 90 mit Realgar 83 (2 : 1), 2 Autunit 91 auf Limonit 69 (1,7 : 1), 3 Annabergit 104 – Var. Cabrerit auf Calcit 168 (1,7 : 1), 4 Torbernit 105 (2,1 : 1)



150 1 Uranocircit 106 (2 : 1), 2 Garnierit 108 (1 : 1), 3 Atakamit 110 (2 : 1)



1 Brochantit 111 (grün) mit Limonit 69 (2,3: 1), 2 Malachit 112 auf Quarz und Limonit 69 (1: 1), 3 Dioptas 113 (2: 1) 151





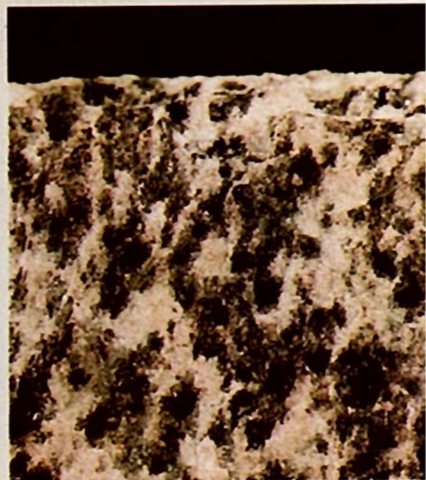
1 Talk 119 (1 : 1), 2 Pyrophyllit 122 (1,7 : 1), 3 Gips 129 (1 : 1,5)



154 1 Carnallit 125 (rot) mit Halit 135 (1 : 1,4), 2 Vivianit 131 mit Limonit 69 (1 : 1,5),
3 Sylvit 136 (weiß und rot) mit Halit (blau) 135 (1 : 1,3), 4 Muskovit 139 (1 : 1,3),
5 Halit 135 (1 : 1,4), 6 Halit 135 (1 : 1,2)



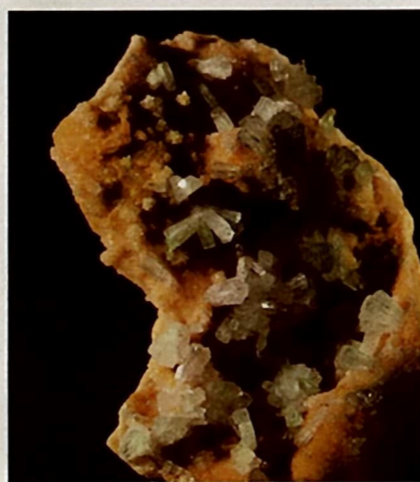
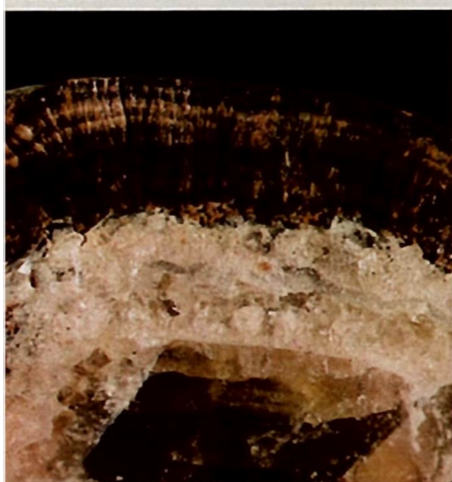
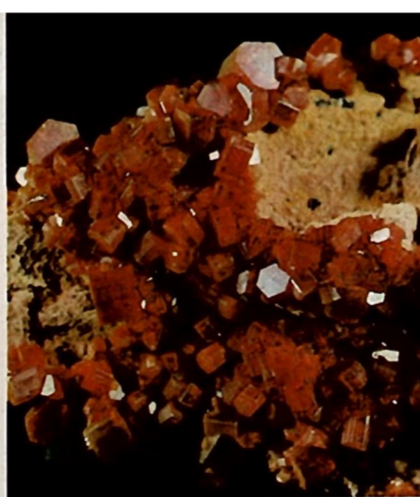
Schwefel 134 mit Strontianit 189 (2,3 : 1)



156 1 Bauxit 148 (1 : 1,4), 2 Zinnwaldit 151 (1 : 1,2), 3 Chrysotilasbest 152 (1 : 1,2), 4 Biotit in Gneis 161 (1,2 : 1), 5 Anglesit 162 mit Galenit 24 (1,7 : 1), 6 Kryolith 163 (weiß) mit Galenit 24 und Chalkopyrit 45 (1 : 1,2)



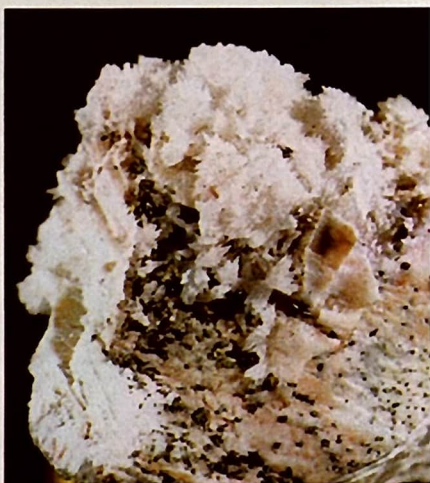
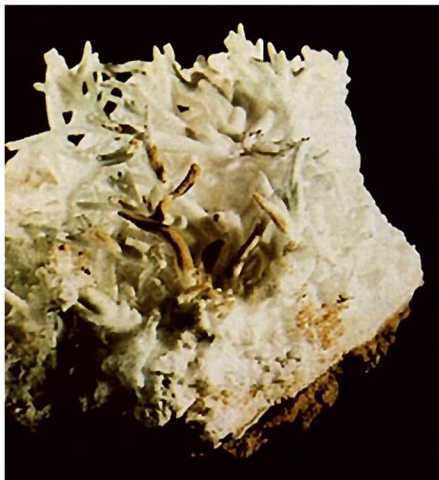
1 Calcit 168 (2 : 1), 2 Calcit 168 (1 : 1), 3 Calcit 168 (1 : 1)



158 1 Wulfenit 171 (1 : 1), 2 Vanadinit 172 (1,3 : 1), 3 Baryt 174 – Var. Calcio-Baryt auf Fluorit 197 (1 : 1), 4 Baryt 174 (1 : 1,5), 5 Cerussit 175 (1 : 1,4), 6 Coelestin 176 (weiß) (1 : 1,3)



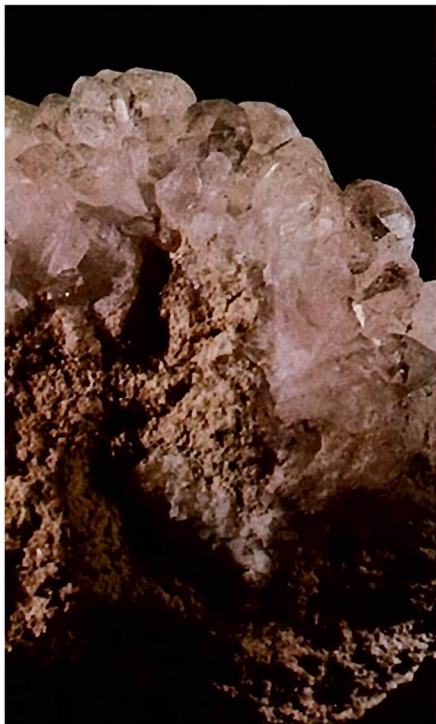
1 Witherit 177 mit Calcit 168 (1 : 1,3), 2 Polyhalit (hellviolett) 178 mit Magnesit (weiß) 201 in Halit (grau) 135 (1 : 1,5), 3 Kieserit (weiß) 181 mit Sylvin (rot) 136 und Halit (grau) 135 (1 : 1,4), 4 Anhydrit (blau) 184 mit Siderit 200 (1,2 : 1), 5 Wavellit 185 (1 : 1,2), 6 Dolomit 186 (1,2 : 1) 159



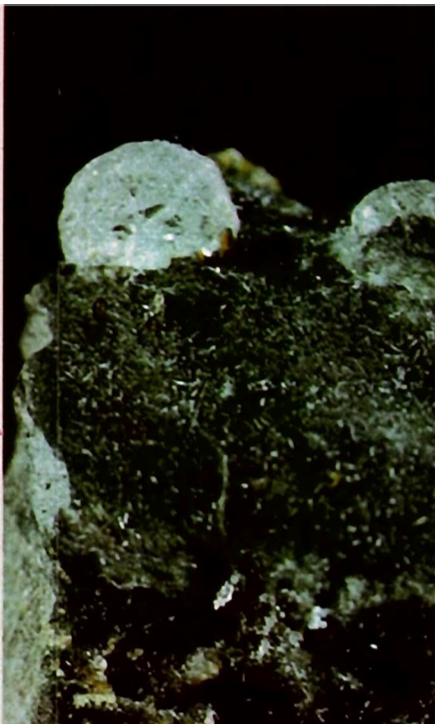
160 1 Aragonit 187 (1:1,7), 2 Aragonit 187 (Drilling) (1,2:1), 3 Pyromorphit 188 (1:1),
4 Strontianit 189 (weiß) und Chalkopyrit 45 auf Baryt 174 (1:1,2), 5 Heulandit 191
(1:1,1), 6 Mimetesit 194 (1,2:1)



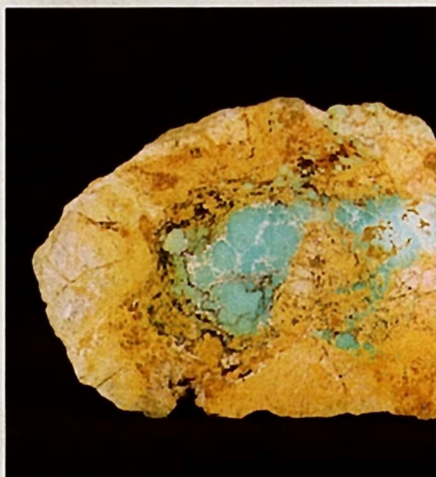
1 Rhodochrosit 195 (1 : 1,4), 2 Disthen 198 (1 : 1,5), 3 Fluorit 197 (1 : 1,6), 4 Fluorit 197 (1 : 1,3), 5 Siderit 200 (1 : 1,5), 6 Langbeinit 199 (hell) in Hartsalz (1 : 3,2)



162 1 Colemanit 203 (1,5 : 1), 2 Hemimorphit (gelb) 206 (1,2 : 1), 3 Chabasit 207 (2 : 1), 4 Scheelit 211 auf Quarz (1,4 : 1)

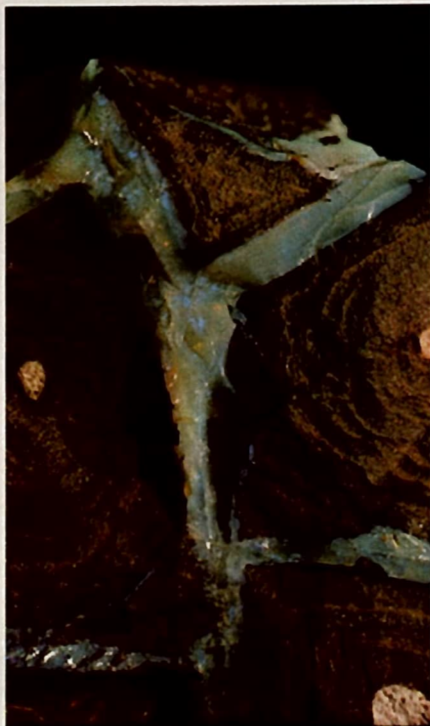
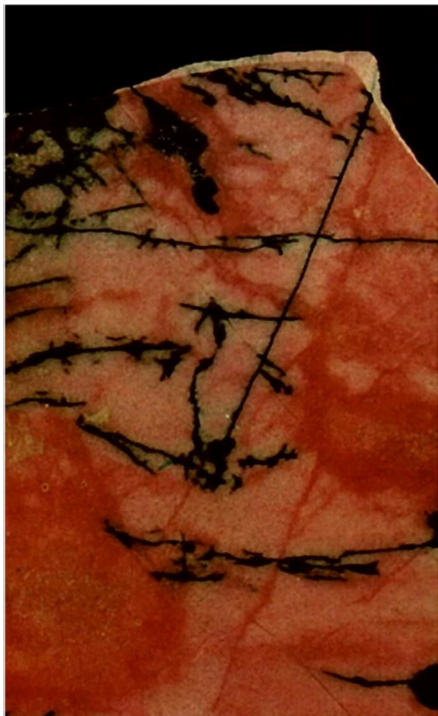


1 Apatit 213 (1 : 1), 2 Apatit 213 (2,5 : 1), 3 Apophyllit 212 (weiß) mit Natrolith 218 (1 : 1), 4 Smithsonit 215 (1,4 : 1)

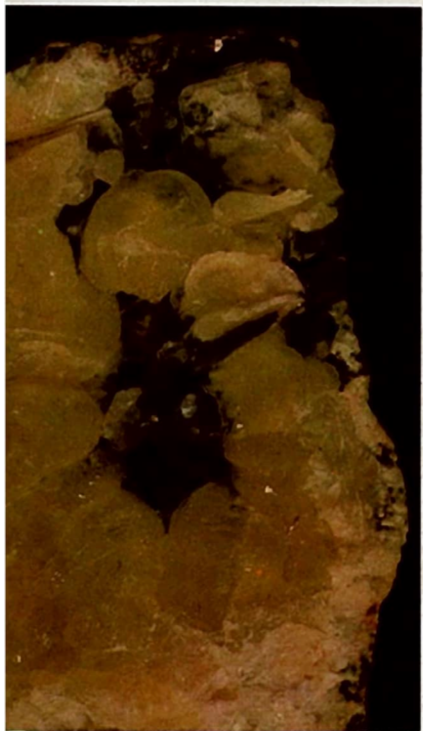




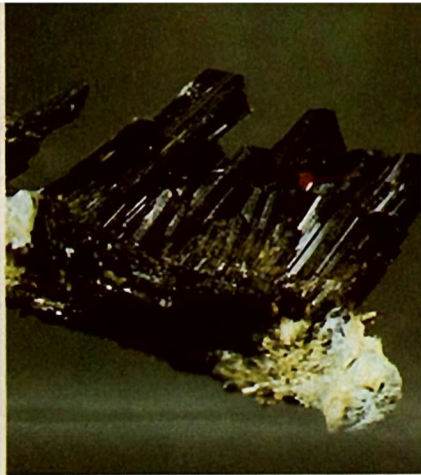
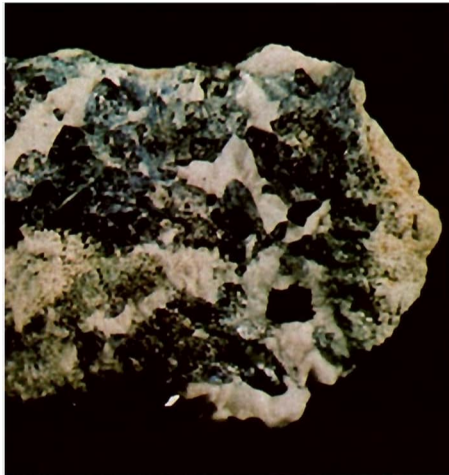
1 Analcim 236 (1,3 : 1), 2 Hauyn 240 in Basalt (2 : 1), 3 Nephelin 242 (grau) mit Aegirin und Eudialyt 221 (rot) (2,1 : 1), 4 Aktinolith 243 (1 : 1)



166 1 Rhodonit 248 (1 : 1), 2 Orthoklas 250 mit Quarz als Schriftgranit (1 : 1), 3 Opal 255 - Var. Feueropal (1,5 : 1), 4 Opal 255 - Var. Edelopal in Limonit (1,4 : 1)



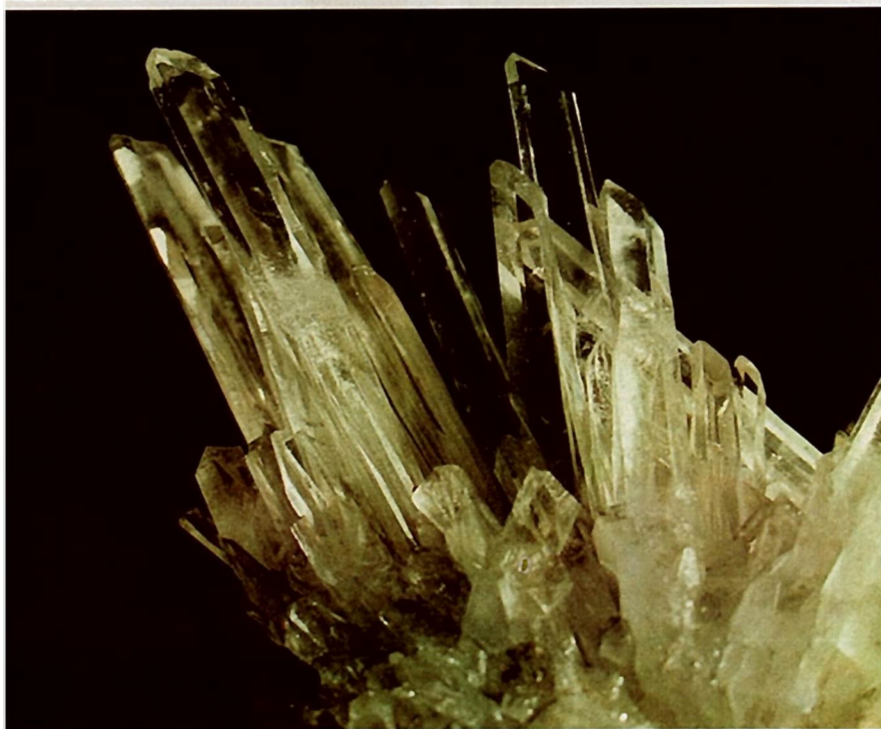
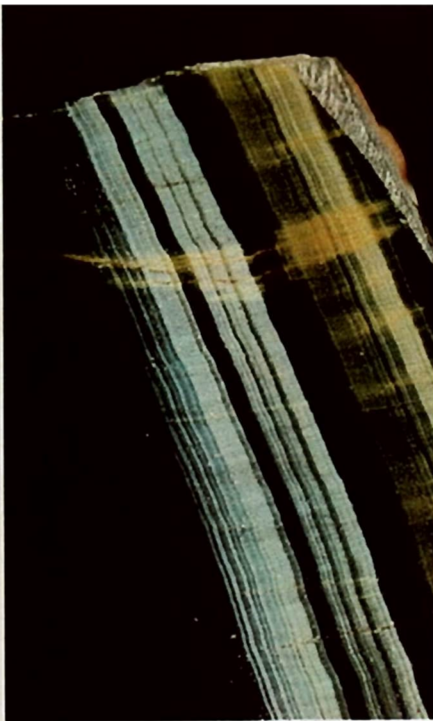
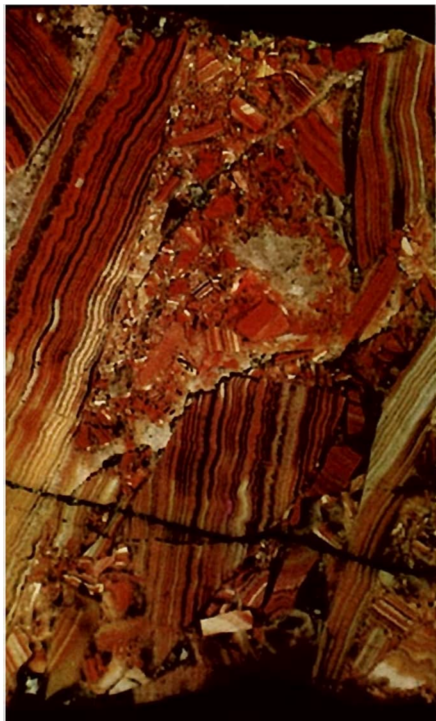
1 Albit 256 – Var. Periklin (weiß) mit Titanit 226 (oliv) (1,8 : 1), 2 Labradorit 260 (1 : 1), 167
3 Prehnit 263 (1,1 : 1), 4 Vesuvian 266.(1 : 1)



168 1 Benitoit 267 (blau) mit Natrolith 218 (1,4 : 1), 2 Epidot 270 (1 : 1), 3 Axinit 271 (1 : 1), 4 Olivin 272 in Basalt (1 : 1), 5 Grossular 281 – Var. Hessonit mit Diopsid 224 und Chlorit 140 (1,5 : 1), 6 Andradit 282 – Var. Aplom mit Calcit 168 (weiß) (1 : 1)



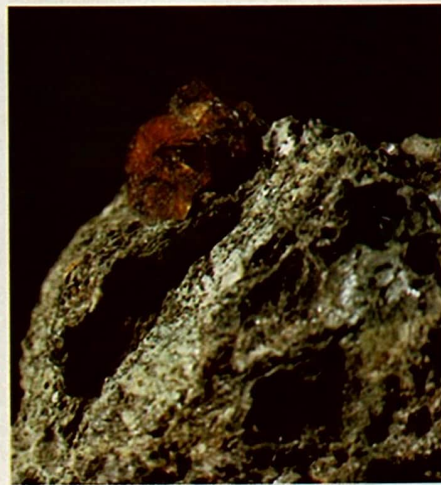
1 Quarz 284 - Var. Chalcedon (1,4:1), 2 Quarz 284 - Var. Amethyst (1:1), 169
3 Quarz 284 - Var. Sardonyx (1,4:1), 4 Quarz 284 - Var. Bergkristall (1,2:1)



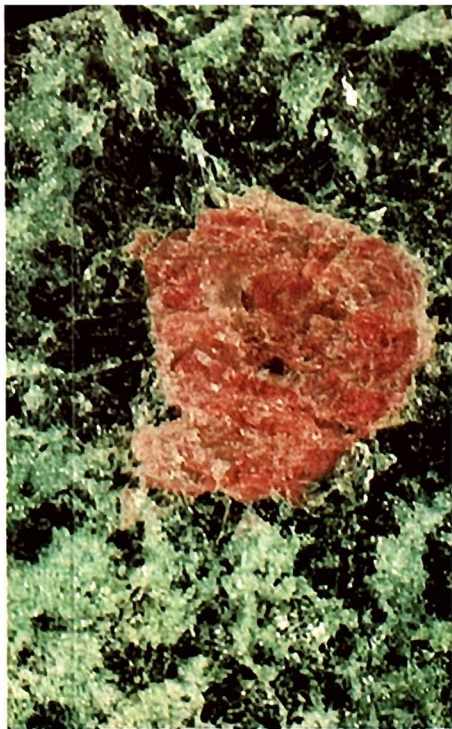
170 1 Quarz 284 – Var. Trümmerachat (1,4 : 1), 2 Quarz 284 – Var. Falkenauge (1,5 : 1),
3 Quarz 284 – Var. Bergkristall (1 : 1,2)



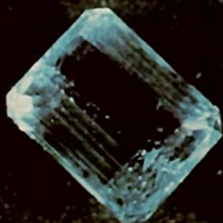
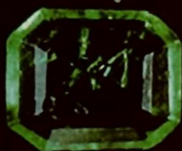
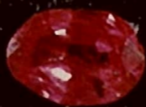
1 Quarz 284 - Var. Korallenachat (1,5 : 1), 2 Quarz 284 - Var. Achat (1,6 : 1), 171
3 Quarz 284 - Var. Achat (1,4 : 1), 4 Quarz 284 - Var. Achat (1 : 1)



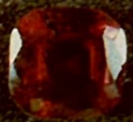
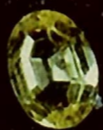
172 1 Andalusit 286 in Kalifeldspat (1 : 1,4), 2 Andalusit 286 - Var. Chiastolith (1 : 2), 3 Staurolith 287 (braun) mit Disthen 198 (blau) in Paragonitschiefer (1 : 1,5), 4 Zirkon 292 (1,3 : 1), 5 Turmalin 289 (grünlich) mit Siderit (braun) sowie Albit 256 (weiß) und Rauchquarz 284 (1 : 1). 6 Turmalin 289 - Var. Schörl (schwarz) (1,3 : 1)



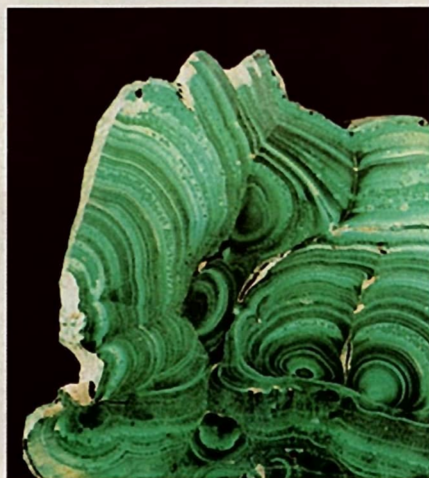
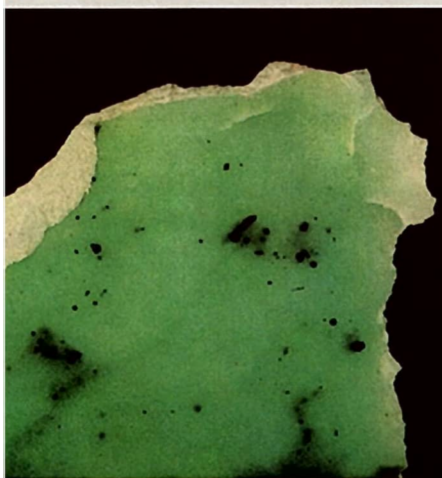
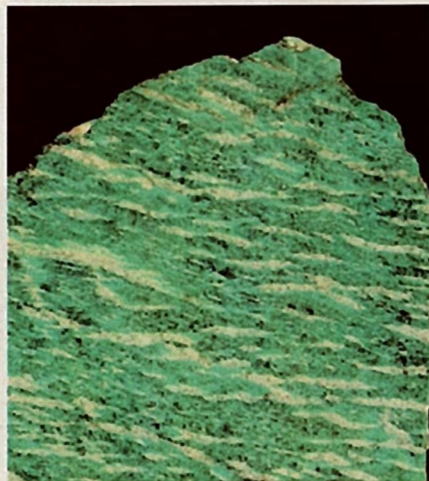
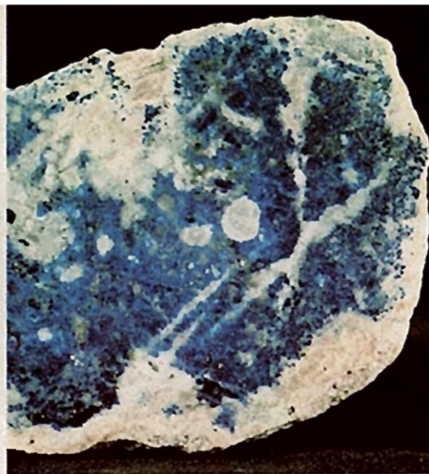
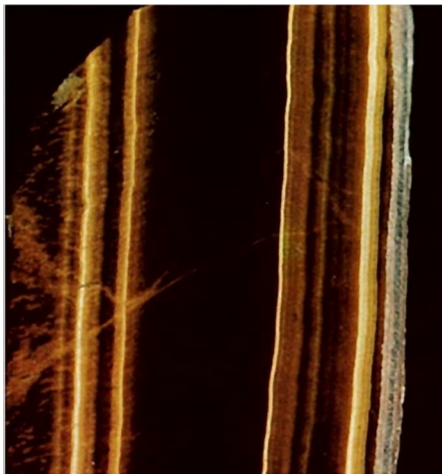
1 Beryll 293 (1,8 : 1), **2** Korund 299 – Var. Rubin (rot) in Zoisit 252 (2 : 1), **3** Topas 296 (gelb) mit Quarz (weiß) (1,4 : 1), **4** Topas 296 – Var. Pykmit mit Glimmer und Quarz (1,5 : 1)



174 1 Diamant (1,8 : 1), 2 Rubin (1,8 : 1), 3 Saphir (1,7 : 1), 4 Spinell (2 : 1), 5 Smaragd (2 : 1), 6 Aquamarin (1,9 : 1), 7 Beryll (1,9 : 1), 8 Topas (1,9 : 1)



1 Chrysoberyll (1,9 : 1), 2 Turmalin (1,9 : 1), 3 Turmalin (Rubellit, 2 : 1), 4 Zirkon (1,8 : 1), 5 Rauchquarz (1,9 : 1), 6 Citrin (1,8 : 1), 7 Peridot (Chrysolith) 2 : 1, 8 Pyrop (2 : 1) 175



176 1 Tigerauge (1,7 : 1), 2 Lasurit (Lapislazuli) (1 : 1,3), 3 Edelopal (1,3 : 1), 4 Amazonit (1 : 1,5), 5 Nephrit (1 : 1,3), 6 Malachit (1 : 1,4)

HINWEISE ZUR MINERALBESTIMMUNG

*Leitsatz: Ein einziges Merkmal
reicht für die Bestimmung eines Minerals
nur selten aus.*

Der folgende Teil des Buches dient der praktischen Mineralbestimmung nach äußeren Kennzeichen. Die Reihenfolge, in der die Minerale angeordnet sind, entspricht der bewährten Gliederung nach *Glanz* und *Strich*. Wir unterscheiden drei Hauptgruppen:

Gruppe I: *Metallisch glänzende Minerale*. Für die weitere Untergliederung sind Farbe des Minerals und steigende Härte maßgebend.

Gruppe II: *Halbmetallisch glänzende Minerale und nichtmetallisch glänzende Minerale, die einen farbigen Strich geben*.

Innerhalb dieser Gruppe wird weiter untergliedert nach Strichfarbe und steigender Härte.

Gruppe III: *Nichtmetallisch glänzende Minerale, die farblich keinen charakteristischen Strich liefern (grau bzw. weiß) oder auf Grund ihrer großen Härte gar keinen Strich ergeben*. Wir unterscheiden in dieser Gruppe verschiedene Härteklassen.

Um ein Mineral einer dieser drei großen Gruppen zuzuordnen, müssen wir lediglich den allgemeinen Glanz bestimmen und feststellen, ob das Mineral einen Strich liefert oder nicht. Das kann sehr einfach und schnell geschehen. Im Zweifelsfall, wenn wir z. B. nicht sicher zwischen Metallglanz und Halbmetallglanz unterscheiden können, suchen wir in beiden Gruppen nach einem Mineral, dessen beschriebene Eigenschaften mit unseren Beobachtungen übereinstimmen.

Die nächsten Merkmale, auf die wir achten müssen, sind die *Farbe des Minerals* (Gruppe I), die *Farbe des Strichs* (Gruppe II) und die *Härte* (Gruppe I, II und III). Anhand des Schlüssels auf Seite 180 können wir uns orientieren, wo die in Frage kommenden Minerale beschrieben werden.

Ein Beispiel: Wir wollen ein Mineral bestimmen, das ausgesprochen metallischen Glanz besitzt. Es ist grau gefärbt und hat die Härte 3. Alle wichtigen bzw. verbreiteten Minerale, die diese Eigenschaften haben, sind in der Gruppe I auf den Seiten 193 bis 196 behandelt.

Bei der Zuordnung eines Minerals sind folgende Schritte einzuhalten:

1. Glanz:	<i>metallisch</i>	<i>halbmetallisch</i>	<i>nichtmetallisch</i>	
			<i>mit farbigem Strich</i>	<i>ohne kennzeichnenden Strich</i>
	↓ Gruppe I	↙ Gruppe II		↓ Gruppe III
2. Farbe:	<i>Mineralfarbe</i>	<i>Farbe des Striches</i>		
3. Härte:	<i>Härte</i>	<i>Härte</i>		<i>Härte</i>

Als weitere Bestimmungsmerkmale werden der *spezielle Glanz* und die *Durchsichtigkeit* untersucht, aber auch die *Farbnuance des Minerals* und die *Eigenart des Strichs*. Die *Dichte* schätzen wir vorerst nur, indem wir die Mineralprobe in die Hand nehmen. Dabei müssen wir die Größe des Stücks berücksichtigen. Wenn möglich, ermitteln wir das *Kristallsystem*, zu welchem das Mineral gehört. Auch die *Kristall- oder Aggregatform* hilft uns bei der genauen Bestimmung. Das gleiche gilt für die *Spaltbarkeit* und den *Bruch*. Wer bereits über grundlegende Kenntnisse verfügt, wird aus den *Begleitmineralen* oder aus der Art, in der das Mineral vorkommt, manche wichtigen Schlüsse ziehen können. Wir bemühen uns, möglichst viele Eigenschaften durch gründliche Beobachtungen und einfache Untersuchungen herauszufinden. Ständig vergleichen wir die Beobachtungen mit der Beschreibung der in Frage kommenden Minerale, bis wir unser Ziel erreichen: ein Mineral zu bestimmen.

Die Mineralbeschreibung ist so abgefaßt, daß die wichtigsten Kennzeichen schnell zu überblicken sind. Diesen Zweck erfüllt das nachstehende Schema:

Mineralname	chemische Zusammensetzung	Kristallsystem	Härte
(weitere Namen)	(Metallgehalt)		Dichte
Abarten			
Farbe			
Strich			
Glanz und Durchsichtigkeit			
Kristallographische Angaben (einschließlich der Formskeizzen und Hinweise auf Bildtafeln)			

Bei den Erzmineralen ist der durchschnittliche Metallgehalt unter der chemischen Formel angegeben: Das Zeichen XX bedeutet Kristalle, das Zeichen OO verwenden wir für derbe Massen.

Es folgen Angaben über *Bildungsweise* und *Vorkommen* der Minerale. Häufige *Begleitminerale* und *ähnliche Minerale* werden aufgeführt und einfache *Unterscheidungsmerkmale* bzw. *Nachweisreaktionen* beschrieben. Wir beschränken uns auf knappe Hinweise.

Eine besondere Hilfe stellen die Kristallskizzen und Mineraalfotos dar. Die Skizzen sollen dem Anfänger einige typische Beispiele vor Augen führen. Da es ihm schwerfallen dürfte, MILLERSche Indizes gedanklich in eine bestimmte Gestalt „umzusetzen“, haben wir auf ihre Angabe auf den Kristallflächen verzichtet.

Am besten versuchen wir nun selbst anhand der Kenntnisse, die uns der erste Teil dieses Buches vermittelt hat, Minerale zu bestimmen. Vor den etwas schwierigeren chemischen Nachweisreaktionen und den genaueren Dichtebestimmungen sollten wir in Zweifelsfällen nicht zurückschrecken. Auch der Anfänger arbeitet sich gewöhnlich schnell in diese Verfahren ein.

HILFSMITTEL ZUR MINERALBESTIMMUNG

Für einfache Bestimmungen benötigen wir:

einige *Strichtafeln* (oder unglasierte Hartporzellanscherben);

eine *Härteskala*, die wir uns selbst zusammenstellen können;

eine *Lupe* mit 6- bis 12facher Vergrößerung;

einige Geräte zur Zerkleinerung, wie *Hammer*, *Zange*, *Meißel* und

eine *Pinzette* zum Auslesen.

Mit diesen wenigen Hilfsmitteln kommen wir am Anfang aus. Wer sich eingehender mit Mineralen befassen will, benötigt für die Dichtebestimmung:

eine *WESTPHALSche Waage* und *Dichteflüssigkeiten* oder

eine *Analysenwaage* und mehrere *Pyknometer* (5–20 ml) oder

eine *hydrostatische Waage* bzw. eine *JOLLYsche Federwaage*.

In allen Schulen sind Instrumente für die Dichtebestimmung vorhanden.

Chemische Elemente und die Schmelzbarkeit lassen sich bestimmen, wenn wir eine *Lötrohrausrüstung* und *einige Chemikalien* besitzen.

Die Ausrüstung besteht im einfachsten Falle aus:

einem *Lötrohr*, einer *Kerze* oder *Lötrohrlampe* und einer *Spirituslampe*, *Holzkohle*, *Glaskölbchen* und *-röhrchen*, *Magnesiastäbchen*, einer *Nickelschnabelpinzette* sowie *Borax* und *Phosphorsalz* für die Perlenreaktion. Reaktionen vor dem Lötrohr (im Tabellenteil abgekürzt v. d. L.) geben wichtige Hinweise bezüglich der chemischen Zusammensetzung und einiger physikalischer Eigenschaften.

SCHLÜSSEL FÜR DIE MINERALBESTIMMUNG

Gruppe I: Metallisch glänzende Minerale

Farbe:

1. Weiß	181
2. Grau	189
3. Schwarz	199
4. Gelb	201
5. Rot	206

Gruppe II: Halbmattglänzende Minerale und nichtmetallisch glänzende Minerale, die einen farbigen Strich geben

Strichfarbe:

1. Schwarz und grau	209
2. Braun	214
3. Rot	223
4. Gelb	227
5. Grün	233
6. Blau	238

Gruppe III: Nichtmetallisch glänzende Minerale mit grauem, weißem Strich oder ohne Strich

Härte

1. Sehr weich (1–3)	240
2. Weich (3–4)	263
3. Mittelhart (4–5)	278
4. Hart (5–6)	287
5. Sehr hart (über 6)	311

Bemerkung: In allen drei Gruppen wird weiter untergliedert nach steigender Härte

GRUPPE I · Metallisch glänzende Minerale

Metallglanz/weiß

1 Quecksilber Hg flüssig! D = 13,6

FARBE: zinnweiß, oft mit grauem Überzug

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: lebhafter Metallglanz/undurchsichtig

Kristallausbildung: keine XX, flüssig!

Aggregatform: tropfenförmig, schmierig

Spaltbarkeit/Bruch: –

Bildungsweise und Vorkommen: hydrothermal

Erzgänge und deren Verwitterungszone

Moschellandsberg in der Rheinpfalz; Almadén
(Spanien), Idria (Jugoslawien)

Ähnliche Minerale: –

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v.d.L. leicht flüchtig

Cinnabarit, Quecksilberfahlerz

2 Bismuthinit Bi₂S₃ rhombisch H = 2
(Wismutglanz) 81 % Bi D = 6,4 – 6,6

FARBE: weiß mit blaugrauem Ton, gelbe und bunte Anlauffarben

STRICH: glänzend grau

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: starker Metallglanz/undurchsichtig

Kristallausbildung: haarig, nadelig, säulig, spießig, breitstengelig, längsgestreift

Aggregatform: radial- bis verworren-strahlig, büschelig, verfilzt, blätterig, körnig,
derb

Spaltbarkeit/Bruch: sehr vollkommen (Längsrichtung)/mild

Bildungsweise und Vorkommen: pegmatitisch, pneumatolytisch

Erzgänge, Pegmatite

Schneeberg, Altenberg, Jáchymov (Joachimsthal) im Erzgebirge

Ähnliche Minerale: Antimonit, Emplektit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v.d.L. unter Kochen und Spritzen sehr leicht
schmelzbar; auf Kohle Wismutkorn und gelber Beschlag; Beschlag wird
nach Schmelzen mit KJ und S rot

Chalkopyrit, Pyrit, Magnetit, Wismut, Cassiterit, Stannin

3 Wismut Bi trigonal H = 2½ – 2
D = 9,7 – 9,8

FARBE: rötlich silberweiß, oft bunt oder messinggelb angelaufen

STRICH: bleigrau, metallisch schimmernd

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: starker Metallglanz/undurchsichtig

Kristallausbildung: würfelig,
dendritisch; XX selten

Aggregatform: gestrickt, federartig, eingesprengt,
dendritisch, derb, blätterig,
körnig, spätig, blechartig

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen bis deutlich/spröde, schneidbar

Bildungsweise und Vorkommen: pegmatitisch, pneumatolytisch, hydrothermal
Erzgänge

Altenberg, Schneeberg, Annaberg, Jáchymov (Joachimsthal) im Erzgebirge;
Wittichen im Schwarzwald

Ähnliche Minerale: Nickelin, Breithauptit, Linneit, Danait

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v.d.L. vollständig flüchtig; heiß orange-gelber, kalt zitronengelber Beschlag auf Kohle
Smaltin, Chloanthit, Nickelin, Baryt, Galenit, Stannin, Pyrit, Wolframit, Molybdänit, Arsenopyrit, Quarz, Bismuthinit

Abb. Seite 137

4 Silber

Ag

kubisch

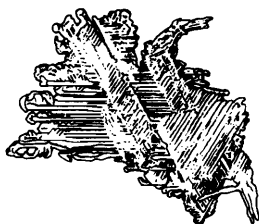
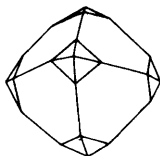
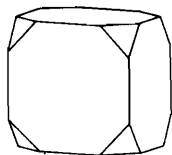
H = $2\frac{1}{2}$ – 3
D = 9,6 – 12
(rein 10,5)

FARBE: frisch silberweiß, häufig schwarzer Anflug

STRICH: silberweiß, metallisch glänzend

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: starker Metallglanz/undurchsichtig

Kristallausbildung: Würfel, Achtflächner,
meist verzerrt; Zwillinge



Aggregatform: blech-, draht-, zahnförmig; dendritisch, moosförmig; derbe Massen Klumpen

Spaltbarkeit/Bruch: hakig; sehr geschmeidig

Bildungsweise und Vorkommen: hydrothermal, sedimentär

Erzgänge und deren Verwitterungszone, Absatzgesteine

Freiberg, Schneeberg, Jáchymov (Joachimsthal); Mansfeld; Kongsberg (Norwegen)

Ähnliche Minerale: Dyskrasit (nicht dehnbar)

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v.d.L. leicht schmelzbar; in Salpetersäure löslich, in Salzsäure weißer Niederschlag
Galenit, Pyrit, Chloanthit, Baryt, Siderit, Fluorit, Calcit, Rhodochrosit, Quarz

Abb. Seiten 18, 137

5 Antimon Sb trigonal $H = 3 - 3\frac{1}{2}$
 $D = 6,6 - 6,7$

FARBE: zinnweiß, oft angelaufen

STRICH: bleigrau, schwach metallisch schimmernd

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: starker Metallglanz/undurchsichtig

Kristallausbildung: tafelig, würfelig; XX selten und klein

Aggregatform: körnig, blätterig, nierig, derb; eingesprengt

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen bis deutlich/uneben; spröde

Bildungsweise und Vorkommen: hydrothermal

Erzgänge

Andreasberg/Harz; Příbram (ČSSR); Allemont und Sala (Schweden), Seinäjoki, Finnland, Mizarella bei Coimbra (Portugal); Sarawak auf Borneo

Ähnliche Minerale: Dyskrasit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v.d.L. schmelzbar und leicht flüchtig;

Antimonrauch und -beschlag

Antimonit, Smaltin, Calcit

6 Dyskrasit Ag_3Sb rhombisch $H = 3\frac{1}{2} - 4$
75% Ag $D = 9,4 - 10,0$

FARBE: silberweiß, grau oder goldbraun angelaufen

STRICH: dunkelgrau

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: starker Metallglanz/undurchsichtig

Kristallausbildung: säulig, tafelig

Aggregatform: körnig, derb, eingesprengt;

Platten, Knollen

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen/uneben;

mild, schneidbar

Bildungsweise und Vorkommen: hydrothermal

Erzgänge

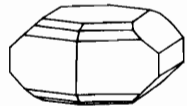
St. Andreasberg im Harz; Wolfach im Schwarzwald; Ste. Marie aux Mines (Markirch) in den Vogesen

Ähnliche Minerale: ged. Silber, ged. Antimon

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v.d.L. leicht schmelzbar; Antimonrauch;

Silberkorn

Galenit, ged. Arsen, Pyrargyrit, ged. Silber, Calcit, Baryt, Smaltin



Safflorit $CoAs_2$ rhombisch $H = 4\frac{1}{2} - 5\frac{1}{2}$
28% Co $D = 6,9 - 7,3$

FARBE: zinnweiß, nachdunkelnd

STRICH: grauschwarz

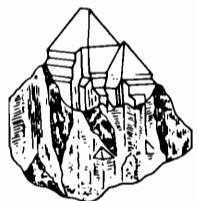
GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: starker Metallglanz/undurchsichtig

Kristallausbildung: linsenförmig, scheibenförmig;

XX selten und sehr klein

Aggregatform: radialstrahlig, faserig,

gestrickt, körnig, nierig, derb



Gruppe I · Metallglanz/weiß

Spaltbarkeit/Bruch: deutlich (Blättchen)/uneben
bis muschelig; spröde

Bildungsweise und Vorkommen: hydrothermal

Erzgänge

Schneeberg, Jáchymov (Joachimsthal) im Erzgebirge; Niederramstadt bei Darmstadt

Ähnliche Minerale: Skutterudit, Chloanthit, Maucherit, Rammelsbergit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v.d.L. schmelzbar; As-Beschlag; im offenen Röhrrchen As_2O_3 -Sublimat
ged. Wismut, Nickelin, Löllingit, Siderit, Baryt, Fluorit, Smaltin

8 Linneit (Kobaltkies)



kubisch

$$H = 4\frac{1}{2} - 5\frac{1}{2}$$

$$D = 4,5 - 4,8$$

FARBE: grauweiß mit rötlichem oder gelblichem Stich, kupferrot oder violettblau anlaufend

STRICH: dunkelgrau

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Metallglanz/undurchsichtig

Kristallausbildung: Achtfächner oder andere isometrische Formen

Aggregatform: eingesprengt, körnig, selten derb

Spaltbarkeit/Bruch: wechselnd deutlich/uneben; spröde

Bildungsweise und Vorkommen: hydrothermal, metasomatisch

Erzgänge, Verdrängungen

Siegerland (Müsen, Eiserfeld, Grünau); Bastnäs, Loos (Schweden); Freiberg (Sachs.)

Ähnliche Minerale: Cobaltin, Gersdorffit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v.d.L. zu magnetischer Kugel schmelzend;
 SO_2 -Geruch; in Salpetersäure löslich
Chalkopyrit, Tetraedrit, Galenit, Baryt, Pyrit, Siderit

9 Gersdorffit



kubisch

$$H = 5$$



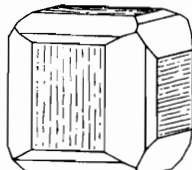
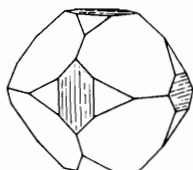
$$D = 5,6 - 6,2$$

FARBE: silberweiß bis stahlgau, dunkelgrau anlaufend

STRICH: grauschwarz

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Metallglanz/undurchsichtig

Kristallausbildung: isometrische Formen, XX selten



Aggregatform: dicht, körnig, stengelig, blätterig, derb, eingesprengt

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen/uneben; spröde

Bildungsweise und Vorkommen: hydrothermal

Erzgänge

Goslar und Harzgerode im Harz; Siegerland; Lobenstein im Vogtland

Ähnliche Minerale: Arsenopyrit, Cobaltin, Ullmanit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v.d.L. zerknisternd und zu magnetischer Kugel schmelzend; Arsengeruch; im Kölbchen Sublimat von Arsensulfid; in Salpetersäure löslich

Arsenopyrit, Pyrit, Chalkopyrit, Galenit, Quarz, Chlorit

10 Ullmanit

NiSbS

kubisch

H = 5
D = 6,7

FARBE: silberweiß bis stahlgrau

STRICH: grauschwarz

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Metallglanz/undurchsichtig

Kristallausbildung: XX selten, Würfel, Tetraeder

Aggregatform: meist körnig

Spaltbarkeit/Bruch: nach den Würfelflächen/uneben; spröde

Bildungsweise und Vorkommen: hydrothermal, Erzgänge

Harzgerode; Lobenstein; Siegerland; XX von Mte. Narba bei Sarrabus, Sardinien

Ähnliche Minerale: Gersdorffit (aber etwas heller und weniger anlaufend)

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v.d.L. Sb-Reaktion, in Königswasser grüne Lösung
Gersdorffit, Calcit

11 Löllingit

FeAs₂
72% As

rhombisch

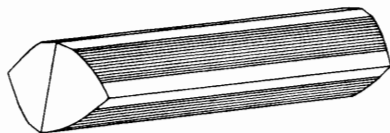
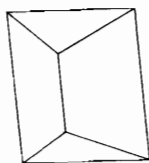
H = 5 – 5½
D = 7,1 – 7,4

FARBE: silberweiß bis stahlgrau, grau anlaufend

STRICH: schwarzgrau

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Metallglanz/undurchsichtig

Kristallausbildung: nadelig, kurzsäulig; XX sehr selten; XX eingewachsen



Aggregatform: derb, eingesprengt, körnig, stengelig, faserig

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen/uneben; spröde

Bildungsweise und Vorkommen: pegmatitisch, pneumatolytisch, hydrothermal
Pegmatite, Erzgänge

Andreasberg; Lölling in Kärnten; Breitenbrunn/Erzgeb.

Ähnliche Minerale: Arsenopyrit, Skutterudit, Chloanthit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v.d.L. schwer schmelzbar; Arsengeruch; im Kölbchen Arsenspiegel
Galenit, Sphalerit, Pyrit, Chloanthit, Magnetit, Wismut, Cassiterit, Skorodit, Siderit

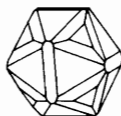
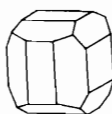
12 Kobaltin CoAsS kubisch $H = 5\frac{1}{2}$
 (Kobaltglanz) 35% Co $D = 6,0 - 6,5$

FARBE: weiß mit Stich ins Rötliche oder Stahlgrau; eisenreiche Abarten dunkelgrau bis schwarz

STRICH: grauschwarz

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: starker Metallglanz/undurchsichtig

Kristallausbildung: isometrische Formen; XX eingewachsen



Aggregatform: körnig, derb, nierig, eingesprengt

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen/muschelig bis uneben; spröde

Bildungsweise und Vorkommen: pneumatolytisch, hydrothermal, metamorph
 Erzgänge, Umwandlungsgesteine

Annaberg, Schneeberg; Tunaberg u. a. Orte in Schweden

Ähnliche Minerale: Danait, Linneit, Nickelin, ged. Wismut

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v.d.L. schmelzbar; Arsengeruch; in Salpetersäure löslich

Chalkopyrit, Pyrrhotin, Molybdänit, Erythrin, Magnetit, Hornblende, Augit, Calcit

13 Rammelsbergit NiAs2 rhombisch $H = 5\frac{1}{2}$
 $D = 7,1$

FARBE: zinnweiß, gelegentlich angelaufen

STRICH: schwarz

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: starker Metallglanz/undurchsichtig

Kristallausbildung: sehr kleine, feinlamellar verzwillingte XX

Aggregatform: meist derbe, kompakte Aggregate

Spaltbarkeit/Bruch: -/uneben, spröde

Bildungsweise und Vorkommen: hydrothermale Erzgänge
 Schneeberg (Sachs.); Mansfeld; Turtmantal (Wallis)

Ähnliche Minerale: Safflorit, Chloanthit, Maucherit, Skutterudit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v.d.L. Ni-Nachweis (Perle);
 Nickelin, Maucherit, Safflorit, Chloanthit, ged. Wismut u. a.

14 Arsenopyrit FeAsS rhombisch $H = 5\frac{1}{2} - 6$
 (Arsenkies) 46% As $D = 5,9 - 6,2$

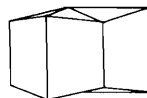
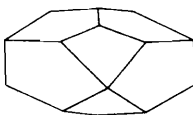
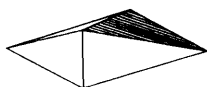
FARBE: zinnweiß (Kristallflächen), stahlgrau (Bruch), oft gelb angelaufen

STRICH: schwarz

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: starker Metallglanz/undurchsichtig

Kristallausbildung: säulig, tafelig, achtfächig; XX einzeln, eingewachsen, zuweilen in Drusen

Aggregatform: körnig, strahlig, faserig, derb, eingesprengt



Spaltbarkeit/Bruch: deutlich/uneben; spröde

Bildungsweise und Vorkommen: pneumatolytisch, hydrothermal, metamorph
Erzgänge, Umwandlungsgesteine

St.Andreasberg, Alexisbad (Harz); Ehrenfriedersdorf, Altenberg, Freiberg
(Sachsen); Mitterberg in Salzburg; Boliden (Schweden)

Ähnliche Minerale: Löllingit, Chloanthit, Skutterudit, Pyrit, Markasit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v.d.L. zu schwarzer Kugel schmelzend,
Arsengeruch

Sphalerit, Galenit, Chalkopyrit, Pyrit, Magnetit, Cassiterit, Wolframit

Abb. Seite 137

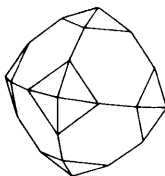
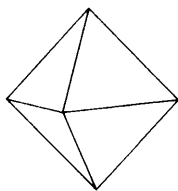
15 Skutterudit $(\text{Co, Ni, Fe})\text{As}_3$ kubisch $\text{H} = 5\frac{1}{2} - 6$
(Speiskobalt, Smaltin) bis 28% Co $\text{D} = 6,4 - 6,8$

FARBE: zinnweiß, mitunter grau, schwarz oder regenbogenfarben angelaufen

STRICH: grauschwarz

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: starker Metallglanz/undurchsichtig

Kristallausbildung: Achteflächner; Flächen häufig gekrümmt



Aggregatform: grobkörnig, derb; nierig, gestrickt

Spaltbarkeit/Bruch: wechselnd; deutlich (Würfel)/muscheliger, uneben; spröde

Bildungsweise und Vorkommen: hydrothermal, metasomatisch

Erzgänge, Verdrängungen

Schneeberg; Johanngeorgenstadt; Annaberg; Jáchymov (Jochimsthal) im
Erzgebirge; Wittichen im Schwarzwald

Ähnliche Minerale: Safflorit, Rammelsbergit, Löllingit, Arsenopyrit, Gersdorffit,
Ullmannit, Maucherit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v.d.L. schmelzbar, Arsengeruch; im Kölb-
chen Arsenspiegel

Cobaltin, Smaltin, Chloanthit, Pyrrhotin, Hornblende, Granat, Quarz

16 Sperrylith

PtAs_2
57% Pt

kubisch

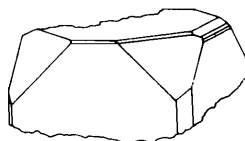
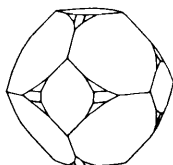
H = 6 – 7
D = 10,5 – 10,6

FARBE: zinnweiß

STRICH: dunkelgrau

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: starker Metallglanz/undurchsichtig

Kristallausbildung: isometrische Formen, gewöhnlich klein



Aggregatform: lose Körner, keine Aggregate

Spaltbarkeit/Bruch: muschelig, spröde

Bildungsweise und Vorkommen: magmatisch, pegmatitisch
basische Erstarrungsgesteine, Pegmatite
Sudbury (Kanada), Bushveld (Afrika)

Ähnliche Minerale: Platin

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v.d.L. etwas zerknisternd, leicht schmelzbar
As-Rauch
Chalkopyrit, Pentlandit, Pyrrhotin, Gold, Platin

GRUPPE I · Metallglanz/grau

17 Graphit

C

hexagonal

H = 1

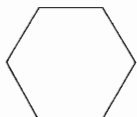
D = 2,1 – 2,3

FARBE: dunkel- bis lichtstahlgrau

STRICH: grau, schimmernd; nach Verreiben matt

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Metall- oder Mattglanz/undurchsichtig

Kristallausbildung: blätterig, dünn tafelig, schuppig; XX selten; XX eingesprengt



Aggregatform: schuppig, strahlig, dicht, stengelig, erdig, derb

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen (Schüppchen)/uneben, mild

Bildungsweise und Vorkommen: metamorph, pegmatitisch, magmatisch

Umwandlungsgesteine, Pegmatite, Erstarrungsgesteine

Steiermark; Pfaffenreuth; Elbingerode; Pargas (Finnland)

Ähnliche Minerale: Molybdänit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v.d.L. unschmelzbar, schwer verbrennbar; fettig anzufassen

Augit, Hornblende, Granat, Spinell, Wollastonit, Calcit

Abb. Seite 137

18 Molybdänit

(Molybdänglanz)

MoS₂

60% Mo

hexagonal

H = 1 – 1½

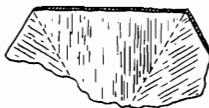
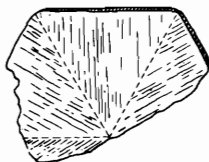
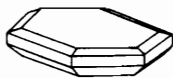
D = 4,7 – 5,0

FARBE: bleigrau, schwacher Stich ins Violette

STRICH: bleigrau; nach Verreiben grünlich

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Metallglanz/undurchsichtig

Kristallausbildung: schuppig, blätterig, tafelig, tonnenförmig (sechseckig)



Aggregatform: derb, eingesprengt, schuppig, blätterig, dicht, glaskopftartig

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen (Schuppen)/mild

Bildungsweise und Vorkommen: pegmatitisch-pneumatolytisch, kontaktmetasomatistisch, hydrothermal

Pegmatite, Imprägnationen, Verdrängungen, Erzgänge

Erzgebirge; Auerbach an der Bergstraße; Mansfeld; Pechtelsgrün/Vogtl.

Ähnliche Minerale: Graphit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v.d.L. unschmelzbar; zeisiggrüne Flammenfarbe; gepulvert auf Kohle weißer Beschlag; wäßrige Lösung der Oxydations-schmelze (Salpeter) wird nach Zinnzugabe dunkelblau
Wolframit, Arsenopyrit, Cassiterit, ged. Wismut, Quarz, Magnetit, Sphalerit, Pyrit, Chalkopyrit, Pyrrhotin, Hornblende, Augit,

Abb. Seite 137

19 Nagyagit $\text{Au(Pb, Sb, Fe)}_8(\text{Te, S})_{11}$ monoklin $\text{H} = 1 - 1\frac{1}{2}$
(Blättertellur) $\text{D} = 7,5$

FARBE: dunkelbleigrau

STRICH: grauschwarz nach braun

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Metallglanz/undurchsichtig

Kristallausbildung: dünntafelige XX

Aggregatform: blätterige Aggregate

Spaltbarkeit/Bruch: gute Spaltbarkeit in einer Richtung (010)/-

Bildungsweise und Vorkommen: hydrothermal auf Erzgängen
Karpatenbogen auf Goldvorkommen (Rumänien); Cripple Creek

Ähnliche Minerale: Sylvanit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v.d.L. Reaktion auf Au und Pb, Nachweis von Sb und Te im Glasrohr
Gold, Sylvanit, Calaverit u. a.

20 Tetradymit $\text{Bi}_2\text{Te}_2\text{S}$ trigonal $\text{H} = 1\frac{1}{2} - 2$
(Tellurwismut) $\text{D} = 7,2 - 7,9$

FARBE: stahlgrau

STRICH: grau, glänzend

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: starker Metallglanz/undurchsichtig

Kristallausbildung: schuppig, tafelig; XX aufgewachsen

Aggregatform: blätterig, körnig, derb

Spaltbarkeit/Bruch: sehr vollkommen (Schuppen)/mild, biegsam

Bildungsweise und Vorkommen: hydrothermal, metasomatisch
Erzgänge, Verdrängungslagerstätten
Karpatenbogen auf Goldvorkommen

Ähnliche Minerale: -

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. leicht schmelzbar, Bi- und Te-Reaktion
ged. Gold, ged. Wismut, Chalkopyrit, Molybdänit, Magnetit, Quarz

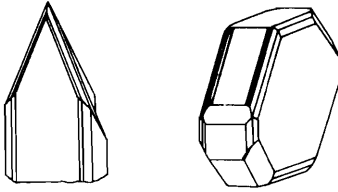
21 Sylvanit AuAgTe_4 monoklin $\text{H} = 1\frac{1}{2} - 2$
(Schrifterz) $25 - 27\% \text{ Au}$ $\text{D} = 8,2$
 $62,6\% \text{ Te}$

FARBE: stahlgrau-silberweiß, lichtgelb

STRICH: grau, glänzend

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: starker Metallglanz/undurchsichtig

Kristallausbildung: spießig, säulig, XX klein und oft längsgestreift



Aggregatform: fiederartig, schriftähnliche Gruppen, Dendriten, Anflüge

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen/uneben; spröde

Bildungsweise und Vorkommen: hydrothermal

Erzgänge in Ergußgesteinen

Baia de Aries; Săcărâmb in Rumänien

Ähnliche Minerale: –

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. leicht schmelzbar, weißer Beschlag; in Salpetersäure unter Goldabscheidung löslich
ged. Gold, ged. Tellur, Tetraedrit, Sphalerit, Pyrit, Calcit, Quarz, Chalcodon, Fluorit

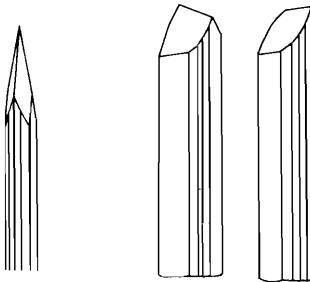
22 Antimonit Sb_2S_3 rhombisch $H = 2$
(Antimonglanz, Stibnit) 71 % Sb $D = 4,6 - 4,7$

FARBE: bleigrau, auf Kristallen häufig bunte oder dunkelblaue Anlauffarbe

STRICH: dunkelbleigrau

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Metallglanz, besonders stark auf Spaltflächen/undurchsichtig

Kristallausbildung: spieglig, nadelig, haarig, säulig, wellig-verbogen; oft längsgestreift; XX aufgewachsen



Aggregatform: radial- und verworren-strahlig; verfilzt, stengelig, spätig, körnig, dicht

Spaltbarkeit/Bruch: sehr vollkommen in Längsrichtung/mild, biegsam

Bildungsweise und Vorkommen: hydrothermal, metasomatisch

Erzgänge, Verdrängungen

Wolfsberg im Harz; Bräunsdorf bei Freiberg; Goldkronach im Fichtelgebirge; Milešov (ČSSR); Shikoku (Japan)

Ähnliche Minerale: Bismuthinit, Pyrolusit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. sehr leicht schmelzbar; im geschlossenen Röhrchen in der Hitze schwarz werdend, nach Erkalten kirschroter Beschlag

Galenit, Bismuthinit, Cinnabarit, Pyrit, ged. Gold, Baryt, Siderit, Quarz

Abb. Seite 138

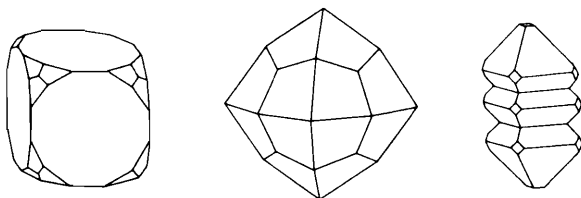
23 Argentit Ag_2S monoklin ($> 179^\circ\text{C}$ kubisch) $H = 2$
 (Silberglanz) 87% Ag pseudorhombisch $D = 7,3$

FARBE: dunkelbleigrau, mattschwarz

STRICH: dunkelgrau, glänzend

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: im frischen Schnitt Metallglanz/undurchsichtig

Kristallausbildung: würfelig und andere isometrische Formen



Aggregatform: plattig, blechartig, zahnartig, dendritisch, reihenförmig gruppiert gestrickt, derb, pulverig, rußartig

Spaltbarkeit/Bruch: kleinmuschelig/geschmeidig, schneidbar

Bildungsweise und Vorkommen: hydrothermal

Erzgänge und deren Verwitterungszone

Schneeberg; Annaberg; Johanngeorgenstadt; Jáchymov (Joachimsthal) und Freiberg im Erzgebirge

Ähnliche Minerale: Chalkosin

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. leicht schmelzbar, Silberkorn; in konz. Salpetersäure löslich, z. T. „Silberträger“ im Galenit, Pyrargyrit, Proustite, ged. Silber, Stephanit, Pyrit, Markasit, Galenit, Sphalerit, Nickelin, Chloanthit, Baryt, Fluorit, Calcit, Siderit, Rhodochrosit

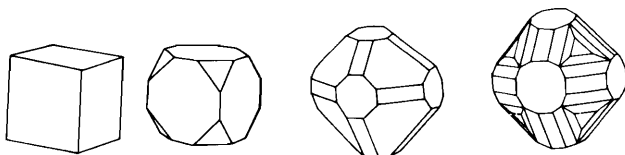
24 Galenit kubisch $H = 2\frac{1}{2}$
 (Bleiglanz) 85% Pb, Silbergehalt $D = 7,2 - 7,6$

FARBE: bleigrau

STRICH: grauschwarz

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: starker Metallglanz/undurchsichtig

Kristallausbildung: isometrische Formen, bes. Würfel



Aggregatform: derb, grob- bis feinkörnig, spätig, dicht, striemig

Spaltbarkeit/Bruch: sehr vollkommen (Würfel)/mild bis spröde

Bildungsweise und Vorkommen: hydrothermal, sedimentär, metasomatisch

Erzgänge, Absatzgesteine, Verdrängungen

Harz; Freiberg; Siegerland; Eifel; Pfibram und viele andere Gebiete

Ähnliche Minerale: Antimonit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. zerknisternd; Bleikorn, grüngerlicher Beschlag auf Kohle
 Sphalerit, Chalkopyrit, Bournonit, Fahlerz, Arsenopyrit, Pyrit, Fluorit, Pyrrargit, Cinnabarit, Baryt, Fluorit, Siderit, Rhodochrosit, Dolomit, Ankerit, Cerussit, Pyromorphit, Anglesit, Calcit, Quarz

Abb. Seite 18, 138

25 Jamesonit $4 \text{ PbS} \cdot \text{FeS} \cdot 3 \text{ Sb}_2\text{S}_3$ monoklin $H = 2\frac{1}{2}$
 (Federerz) 29% Sb $D = 5,5 - 6,0$

FARBE: bleigrau, oft blau angelaufen

STRICH: grau

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Metallglanz/undurchsichtig

Kristallausbildung: nadelig, haarig, spießig

Aggregatform: büschelig, verfilzt, federartig, meist locker, dicht, derb

Spaltbarkeit/Bruch: deutlich spaltbar

Bildungsweise und Vorkommen: hydrothermal

Erzgänge, selten in größerer Menge

Andreasberg; Wolfsberg und Neudorf (Harz); Waldsassen; Freiberg;

Sala (Schweden); Příbram (ČSSR)

Ähnliche Minerale: Antimonit, Boulangerit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. leicht schmelzbar, zerknisternd
 Galenit, Sphalerit, Bournonit

Abb. Seite 138

26 Boulangerit $5 \text{ PbS} \cdot 2 \text{ Sb}_2\text{S}_3$ monoklin $H = 2\frac{1}{2} - 3$
 55% Pb $D = 5,8 - 6,2$

FARBE: bleigrau bis eisenschwarz

STRICH: schwarz, braungrau bis braun

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Metallglanz/undurchsichtig

Kristallausbildung: säulig, nadelig, faserig; XX sehr selten

Aggregatform: dünnstengelig, faserig, körnig, dicht, derb

Spaltbarkeit/Bruch: deutlich/uneben; spröde

Bildungsweise und Vorkommen: hydrothermal

Erzgänge

Wolfsberg; Neudorf und Clausthal (Harz); Grube Silberwiese bei Oberlahr;

Příbram (ČSSR); Nertschinsk (Ural)

Ähnliche Minerale: Antimonit, Jamesonit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. leicht schmelzbar; Antimonrauch
 Bleibeschlag und -kugel
 Galenit, Antimonit, Sphalerit, Siderit, Calcit, Quarz

27 Chalkosin
(Kupferglanz)

Cu_2S
ca. 80% Cu

rhombisch

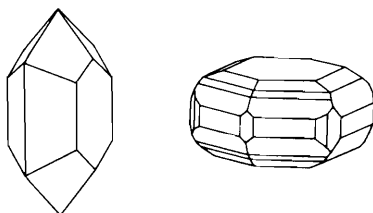
H = $2\frac{1}{2}$ – 3
D = 5,5 – 5,8

FARBE: dunkelbleigrau

STRICH: grau

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Metallglanz/undurchsichtig

Kristallausbildung: kurzsäulig, tafelig, stumpf, pyramidenförmig (sechsseitig);
XX aufgewachsen



Aggregatform: dicht, fein- bis grobkörnig, derb, eingesprengt, erdig, pulverig

Spaltbarkeit/Bruch: deutlich bis undeutlich/muschelig; mild

Bildungsweise und Vorkommen: hydrothermal, selten pegmatitisch-pneumatolytisch, sedimentär

Erzgänge und deren Verwitterungszone, Pegmatite

Rammelsberg (Harz); Kamsdorf; Mansfeld und Sangerhausen; Freiberg (Sachs.)

Ähnliche Minerale: Cuprit, Bornit, Bournonit, Argentit, Hämatit, Magnetit, Chromit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. unter Zersprätzen zu spröder Kugel schmelzend; mit Soda Cu-Korn; in Salpetersäure unter Schwefelabscheidung löslich

Chalkopyrit, Bornit, Fahlerz, Enargit, Cuprit, Hämatit, Covellin, Malachit, Azurit, Chrysokoll, Pyrit, Baryt

Abb. S. 138

28 Bournonit
(Rädelerz)

$2\text{PbS} \cdot \text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{Sb}_2\text{S}_3$
42% Pb, 13% Cu

rhombisch

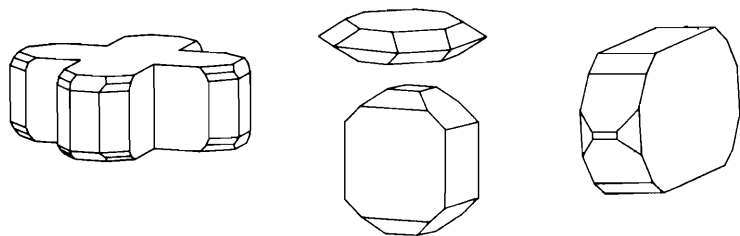
H = 3
D = 5,7 – 5,9

FARBE: stahl- bis dunkelgrau, mitunter tombakbraun angelaufen

STRICH: grau

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Metallglanz/undurchsichtig

Kristallausbildung: kurzsäulig, tafelig, würfelig, stumpfpyramidenförmig; oft zahnradähnlich verzwillingt



Aggregatform: körnig, dicht, derb, eingesprengt

Spaltbarkeit/Bruch: selten deutlich (Blättchen)/muscheliger; spröde

Bildungsweise und Vorkommen: hydrothermal

Erzgänge

Neudorf, Clausthal; Bräunsdorf; Horhausen; Siegerland; Příbram (ČSSR)

Ähnliche Minerale: Boulangerit, Fahlerz

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. leicht zu schwarzer Kugel schmelzend; Bleibeschlag; mit Soda Kupferkorn

Tetraedrit, Galenit, Sphalerit, Pyrit, Arsenopyrit, Antimonit, Siderit, Baryt, Quarz

Abb. Seite 138

29 Jordanit



monoklin

$$H = 3$$

$$D = 6,4$$

FARBE: dunkelbleigrau, gelegentlich bunt angelaufen

STRICH: schwarz

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Metallglanz/undurchsichtig

Kristallausbildung: sehr flächenreiche, pseudo-hexagonale XX, durch Zwillingsbildung häufig gestreift

Aggregatform: kugelige bis traubige Massen, derb

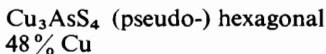
Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen in einer Richtung spaltend/-

Bildungsweise und Vorkommen: hydrothermale Erzvorkommen
Wiesloch (Baden) u. a.; XX von Binnentalvorkommen

Ähnliche Minerale: -

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. Nachweis von Pb und As
XX im Dolomit, andere Pb-Komplexsulfide

30 Enargit



48% Cu

$$H = 3\frac{1}{2}$$

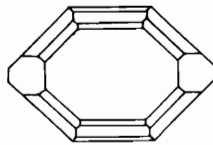
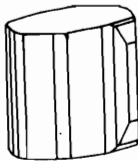
$$D = 4,4 - 4,5$$

FARBE: stahlgrau bis eisenschwarz mit violetter Stiche

STRICH: grauschwarz

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Metallglanz/undurchsichtig

Kristallausbildung: kurzsäulig, nadelig, grobstengelig, tafelig; oft gestreifte XX



Aggregatform: spätig, körnig, strahliger, derb

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen bis deutlich/uneben; spröde

Bildungsweise und Vorkommen: hydrothermal, metasomatisch

Erzgänge, Verdrängungen, Imprägnationen

große XX von Chile und Argentinien; Recsk (Ungarn)

Ähnliche Minerale: Sphalerit, Manganit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. Arsengeruch; mit Soda auf Kohle Kupferperle; in Salpetersäure unter Schwefelabscheidung löslich
Tennantit, Chalkopyrit, Pyrit, Chalkosin, Bornit

31 Tetraedrit $\text{Cu}_3\text{SbS}_{3,25}$ kubisch $H = 3 - 4$
23–45% Cu, 24% Sb $D = 4,4 - 4,5$

Hg-haltig = Schwazit

Bi-haltig = Annivit

Ag-haltig = Freibergit

Fahlerzgruppe

Abb. Seite 139

32 Tennantit $\text{Cu}_3\text{AsS}_{3,25}$ kubisch $H = 3 - 4$
 $D = 4,6$

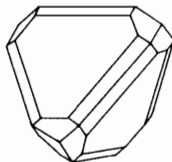
Eigenschaften beider Minerale

FARBE: stahlgrau mit olivfarbenem bis bläulichem Stich („fahle“ Farbe)

STRICH: schwarz, Strich nach Verreiben rotbraun

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Metallglanz auf frischem Bruch/undurchsichtig

Kristallausbildung: Vierflächner; XX aufgewachsen



Aggregatform: derb, eingesprengt, körnig, dicht

Spaltbarkeit/Bruch: –/muschelrig; spröde

Bildungsweise und Vorkommen: hydrothermal, untergeordnet pegmatitisch-pneumatolytisch, sedimentär

Erzgänge. Kupferschiefer

Freiberg; Clausthal; Siegen; Dillenburg; Pöfbram; Mansfeld

Ähnliche Minerale: Bournonit, Chalkosin, Sphalerit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. schmelzbar; Antimonrauch; mit Soda Metallkorn

XX oft von Chalkopyrit umkrustet

Chalkopyrit, Galenit, Bournonit, Sphalerit, Pyrit, Malachit, Azurit, Siderit, Baryt, Rhodochrosit, Dolomit, Calcit, Quarz, Proustite; ged. Quecksilber, Baryt

33 Stannin $\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$ tetragonal $H = 3 - 4$
(Zinnkies) bis 27% Sn $D = 4,3 - 4,5$

FARBE: stahlgrau, frischer Bruch olivgrüne Tönung

STRICH: schwarz

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Metallglanz, Mattglanz/undurchsichtig

Kristallausbildung: Vierflächner;

XX sehr selten

Aggregatform: dicht, feinkörnig, eingesprengt, derb



Spaltbarkeit/Bruch: undeutlich/uneben; spröde

Bildungsweise und Vorkommen: pneumatolytisch, hoch-hydrothermal
Erzgänge (auf Zinnlagerstätten)
Zinnwald im Erzgebirge; Freiberg

Ähnliche Minerale: Arsenopyrit, Chalkopyrit, Fahlerz

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. schwer schmelzbar; Sn-Beschlag;
in Salpetersäure unter Abscheidung von Schwefel und Zinnoxid löslich
Cassiterit, Chalkopyrit, Arsenopyrit, Galenit, Sphalerit, Tetraedrit, Wolframit, Quarz, Pyrit

34 Platin	Pt	kubisch	H = 4 – 4½ D = 14 – 19
stets 4–21 % Eisen und Platinmetalle enthaltend			

FARBE: stahlgrau bis silberweiß

STRICH: stahlgrau ins Silberweiße

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Metallglanz/undurchsichtig

Kristallausbildung: XX sehr selten; würfelig

Aggregatform: eckige Körner, Blättchen, Flitter, Klumpen, abgerollte Formen

Spaltbarkeit/Bruch: hakiger Bruch/geschmeidig

Bildungsweise und Vorkommen: liquid-magmatisch
basische Erstarrungsgesteine, Seifen
Ural; Südafrika; Südamerika; Kanada; Kolumbien

Ähnliche Minerale: –

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. unschmelzbar; nur in heißem Königswasser löslich
ged. Gold, Chromit, Magnetit, Ilmenit

35 Eisen	Fe	kubisch	H = 4 – 5 D = 7,3 – 7,6
In Meteoriten Nickeleisen (Fe, Ni)			

FARBE: stahlgrau oder eisenschwarz

STRICH: grauglänzend

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Metallglanz auf frischen Bruchflächen/undurchsichtig

Kristallausbildung: keine XX

Aggregatform: derb, eingesprengt; Körner, Schüppchen, Tropfen, Klumpen

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen/hakig; dehnbar

Bildungsweise und Vorkommen: liquid-magmatisch
basische Gesteine, Meteorite
Bühl bei Kassel; Antrim in Irland; Insel Disko bei Grönland

Ähnliche Minerale: –

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. unschmelzbar, in Säuren löslich
Pyrrhotin, Olivin, Bronzit, Graphit

36 Maucherit	$\text{Ni}_{<3}\text{As}_2$	tetragonal	H = 5 D = 8
---------------------	-----------------------------	------------	----------------

FARBE: silbergrau mit rötlichem Stich

STRICH: grauschwarz

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Metallglanz/undurchsichtig

Kristallausbildung: quadratische Tafeln, Pyramiden; XX selten

Aggregatform: zellig, feinkörnig, stengelig, derb

Spaltbarkeit/Bruch: unebener Bruch; spröde

Bildungsweise und Vorkommen: hydrothermal

Erzgänge

Mansfeld

Ähnliche Minerale: Nickelin, Rammelsbergit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. schmelzbar; im geschlossenen Rohr wenig As_2O_3 -Sublimat

Nickelin, Chloanthit, Cobaltin, Baryt, Calcit

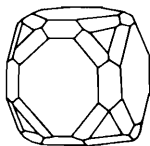
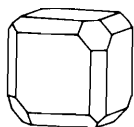
37 Chloanthit (Weißnickelkies)	NiAs_3 28% Ni	kubisch	H = $5\frac{1}{2}$ D = 6,4 – 6,6
--	---------------------------	---------	-------------------------------------

FARBE: XX lichtgrau bis -weiß, dunkel anlaufend, verschiedenfarbige Beschläge

STRICH: grauschwarz

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Metallglanz/ undurchsichtig

Kristallausbildung: Würfel; Flächen meist gekrümmt und rissig



Aggregatform: dicht, feinkörnig, derb, nierig, gestrickt

Spaltbarkeit/Bruch: wechselnd deutlich/uneben; spröde

Bildungsweise und Vorkommen: hydrothermal

Erzgänge

Schneeberg; Johanngeorgenstadt; Annaberg; Jáchymov (Joachimsthal)
im Erzgebirge; Wittichen im Schwarzwald; Mansfeld

Ähnliche Minerale: Safflorit, Arsenopyrit, Cobaltin, Maucherit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. grauschwarze Kugel, Arsen-
geruch; im offenen Röhrchen As_2O_3 -Sublimat; in Salpetersäure löslich
ged. Wismut, ged. Arsen, Proustit, Baryt, Fluorit, Siderit, Quarz, Galenit,
Safflorit

Abb. Seite 139, 143

GRUPPE I · Metallglanz/schwarz

38 Polybasit $8 (\text{Ag}, \text{Cu})_2\text{S} \cdot \text{Sb}_2\text{S}_3$ monoklin $\text{H} = 1\frac{1}{2} - 2$
64–72% Ag $\text{D} = 6,3$

FARBE: grauschwarz, dünne Splitter tiefrot

STRICH: kupferrot, glänzend

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Metallglanz/nur in dünnen Schichten rot durchscheinend

Kristallausbildung: blätterig, schuppig, dünntafelig; XX in Drusen aufgewachsen

Aggregatform: derb, eingesprengt

Spaltbarkeit/Bruch: gut/uneben; mild bis spröde

Bildungsweise und Vorkommen: hydrothermal
Erzgänge

Freiberg; Annaberg; Marienberg im Erzgebirge; St. Andreasberg (BRD)

Ähnliche Minerale: Argentit, Pyrargyrit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. zerspritzend und sehr leicht schmelzend; mit Soda metallisches Korn

Stephanit, Argentit, Siderit, Calcit, Baryt, Fluorit, Tennantit, Proustit

39 Stephanit $5 \text{Ag}_2\text{S} \cdot \text{Sb}_2\text{S}_3$ rhombisch $\text{H} = 2\frac{1}{2} - 2$
ca. 68% Ag $\text{D} = 6,2 - 6,4$

FARBE: schwarz bis bleigrau

STRICH: glänzenschwarz

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Metallglanz/undurchsichtig

Kristallausbildung: tafelig, säulig, rosettenartige Gruppen

Aggregatform: eingesprengt, derb; Anflug

Spaltbarkeit/Bruch: undeutlich/muschelig; spröde

Bildungsweise und Vorkommen: hydrothermal
Erzgänge

Freiberg; Jáchymov (Joachimsthal); St. Andreasberg; Příbram

Ähnliche Minerale: Chalkosin, Pyrargyrit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. zerspritzend; Sb-Beschlag; mit Soda Silberkorn; in heißer Salpetersäure unter Schwefelabscheidung löslich

Argentit, Pyrargyrit, ged. Silber, Galenit, Baryt, Fluorit, Siderit, Calcit

40 Arsen As trigonal $\text{H} = 3 - 4$
 $\text{D} = 5,4 - 5,9$

FARBE: schwarz – matt, frische Bruchflächen sind zinnweiß

STRICH: schwarzbleigrau

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: starker Metallglanz auf frischen Bruchflächen, wird schnell trüb und matt/undurchsichtig

Kristallausbildung: XX sehr klein und sehr selten

Aggregatform: schalig, feinkörnig, feinschuppig, feinfaserig, dicht, nierig, plattig, derb

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen/spröde

Bildungsweise und Vorkommen: hydrothermal

Erzgänge

Erzgebirge; Harz

Ähnliche Minerale: Antimon, Silber

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. flüchtig, ohne zu schmelzen

Arsengeruch

Proustite, Dyskrasit, Galenit, Smaltin, Chloanthit, Nickel, Antimon,

Baryt, Fluorit, Siderit, Ankerit, Dolomit, Calcit

Abb. Seite 139

41 Franklinit

ZnFe_2O_4
7–20% Zn

kubisch

H = 6 – 6½
D = 5,0 – 5,2

FARBE: eisenschwarz, dünne Splitter tiefrot

STRICH: dunkel- bis rotbraun

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Metallglanz/undurchsichtig

Kristallausbildung: achtfächig

Aggregatform: körnig, derb, dicht

Spaltbarkeit/Bruch: undeutlich/muschelig; spröde

Bildungsweise und Vorkommen: kontaktpneumatolytisch, regionalmetamorph
in metamorphen Kalken (spezieller Fall)
Franklin in New Jersey

Ähnliche Minerale: Chromit, Magnetit, Gahnit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. unschmelzbar; nach dem Glühen
magnetisch; in Salzsäure unter Chlorentwicklung löslich
Zinkit, Willemit, Calcit, Rhodonit, Granat

Abb. Seite 139

GRUPPE I · Metallglanz/gelb

42 Calaverit

(Au, Ag)Te₂ monoklin

H = 2½
D = 9,2 – 9,3

FARBE: silberweiß nach Gelb

STRICH: gelblichgrau

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: starker Metallglanz/undurchsichtig

Kristallausbildung: säulig, lattenförmig, längsgestreift

Aggregatform: dicht, körnig, derb

Spaltbarkeit/Bruch: muscheliger Bruch; sehr spröde

Bildungsweise und Vorkommen: hydrothermal

Erzgänge

Colorado (USA); Kanada; W-Australien

Ähnliche Minerale: Pyrit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. schmelzbar; Goldkorn; blaugüne Flammenfarbe, weißer Rauch; im Kölbchen schwarzes Tellursublimat, im offenen Rohr gelbweißes Sublimat ged. Gold, Sylvanit, Pyrit, Quarz, Fluorit

43 Gold

Au

kubisch

H = 2½ – 3
D = 19,3 – 19,5
(rein 19,3)

enthält meist 2–20% Ag

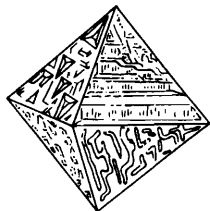
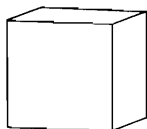
Elektrum hat ca. 28% Ag

FARBE: goldgelb, silberreich = lichtgelb, pulverförmig auch dunkelbraun

STRICH: metallisch gelb

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: starker Metallglanz/undurchsichtig

Kristallausbildung: würfelig, acht- und mehrflächig; meist stark verzerrte XX, verzerrte Zwillinge



Aggregatform: dendritisch, blech-, drahtförmig; Körner, Klumpen, Schüppchen

Spaltbarkeit/Bruch: hakiger Bruch; geschmeidig

Bildungsweise und Vorkommen: hydrothermal, sedimentär

Erzgänge, Seifen

Brandholz im Fichtelgebirge; Rosia Montana (Rumänien); Kremnica (ČSSR); Sonnenblickgebiet in Salzburg; Sowjetunion; USA; Kanada; Afrika

Ähnliche Minerale: –

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. leicht schmelzbar; in Königswasser löslich

Silbererze, Fahlerze, Galenit, Quarz, Pyrit, Sphalerit, Arsenopyrit, Antimonit; ged. Wismut, Sylvanit, Calcit, Limonit, Rhodochrosit

Abb. Seite 140

44 Millerit
(Haarkies oder
Gelbnickelkies)

NiS

trigonal

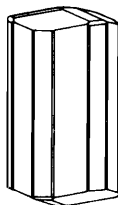
H = $3\frac{1}{2}$
D = 5,2 – 5,6

FARBE: messinggelb, feine Härchen auch matt grünlich, grau, bräunlich bis schwärzlich, seidensartig

STRICH: grünlichschwarz

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: stark metallisch/undurchsichtig

Kristallausbildung: haarförmig, nadelförmig



Aggregatform: büschelig, radialstrahlig, selten derb, faserig, wirrstrahlig, filzig

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen spaltbar/spröde

Bildungsweise und Vorkommen: sedimentär

Verwitterungszone von Erzgängen

Johanngeorgenstadt; Jáchymov (Joachimsthal); Richelsdorf; Bieber; Kamsdorf; Wissen; Nanzenbach; Dillenburg; Rapice bei Kladno (ČSSR)

Ähnliche Minerale: Markasit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. leicht schmelzbar (schwarze magnetische Kugel); in Salpetersäure löslich

Chloanthit, Gersdorffit, Siderit, Limonit, Baryt, Fluorit, Calcit

Abb. Seite 140

45 Chalkopyrit
(Kupferkies)

CuFeS_2
34% Cu

tetragonal

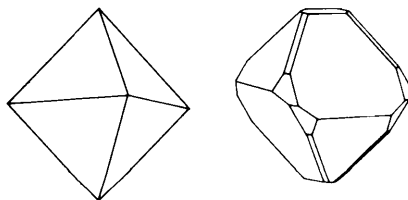
H = $3\frac{1}{2}$ – 4
D = 4,1 – 4,3

FARBE: messinggelb mit Stich ins Grünliche, häufig dunkelgelb, bräunlich oder bunt angelaufen

STRICH: grünlichschwarz

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Metallglanz/undurchsichtig

Kristallausbildung: Achtfächner, Vierflächner (pseudokubisch)



Aggregatform: dicht, feinkörnig, eingesprenkt, traubig, derb

Spaltbarkeit/Bruch: undeutlich/muschelig, uneben; mäßig spröde

Bildungsweise und Vorkommen: „Durchläufermineral“ der Erzlagerstätten: liquid-magmatisch bis hydrothermal, sedimentär, metamorph

Erzgänge, Magmatite, Pegmatite, Sedimentite, Metamorphite

Erzgebirge; Harz; Mansfeld; Salzburg; Cornwall (England); Pennsylvania (USA)

Ähnliche Minerale: Pyrit, Markasit, Pyrrhotin

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. zerspritzend, schmelzbar; schwarzes, magnetisches Korn; in Salpetersäure löslich
Pyrit, Galenit, Sphalerit, Fahlerz, Markasit, Cassiterit, Siderit, Fluorit, Baryt, Ankerit, ged. Wismut, Limonit

Abb. Seite 140, 143

46 Pentlandit (Fe, Ni)₉S₈ kubisch H = 3½ – 4
(Eisennickelkies) 10–40% Ni D = 4,5 – 5

FARBE: bronzegelb

STRICH: grünlichschwarz

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: starker Metallglanz/undurchsichtig

Aggregatform: Körner

Kristallausbildung: XX sehr selten

Spaltbarkeit/Bruch: deutlich (Achtflächner)/muscheliger; spröde

Bildungsweise und Vorkommen: liquid-magmatisch

basische Erstarrungsgesteine

Sohland an der Spree; Horbach im Schwarzwald

Ähnliche Minerale: Pyrrhotin, Bornit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: in Salzsäure löslich; unmagnetisch

47 Cubanit CuFe₂S₃ rhombisch H = 3½ – 4
(Chalmersit) D = 4,1

FARBE: bronzegelb

STRICH: keine Angaben

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Metallglanz/undurchsichtig

Kristallausbildung: selten, XX gestreckt nach c-Achse, stark gestreift und gelegentlich verzwilligt nach (110)

Aggregatform: grob tafelig, gelegentlich kompakte Massen

Spaltbarkeit/Bruch: wechselnd deutlich nach zwei Richtungen/spröde

Bildungsweise und Vorkommen: meist zusammen mit Chalkopyrit vorkommend

Chalmersit = nadelige XX von Morro Velho; Kaveltorp und Tunaberg, Schweden; Alaska; S.-Afrika

Ähnliche Minerale: Pyrrhotin, Chalkopyrit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: magnetisch in Richtung der c-Achse: v. d. L. Cu-Nachweis

Chalkopyrit (auch als Entmischung im Chalkopyrit)

48 Pyrrhotin FeS hexagonal H = 4
(Magnetkies) 61% Fe D = 4,6 – 4,7

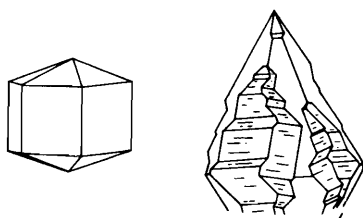
FARBE: bronzefarben mit Stich ins Braune, angewittert = dunkler braun

STRICH: grauschwarz

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: starker Metallglanz auf frischen Bruchflächen/undurchsichtig

Kristallausbildung: tafelig, säulig (sechseckig); XX selten

Aggregatform: feinkörnig, dicht, derb, blättrig, eingesprengt, massig



Spaltbarkeit/Bruch: undeutlich/uneben, spröde

Bildungsweise und Vorkommen: liquid-magmatisch, pegmatitisch-pneumatolytisch, hydrothermal, metamorph
basische Erstarrungsgesteine, Erzgänge, metamorphe Gesteine
Freiberg; St. Andreasberg; Herja (Rumänien); Kärnten (Österreich); Sudbury (Kanada)

Ähnliche Minerale: Pentlandit, Bornit, Argentit, Nickelin

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. schmelzbar; magnetisches Korn
SO₂-Geruch; in Salzsäure unter H₂S-Entwicklung löslich
Pyrit, Pentlandit, Chalkopyrit, Arsenopyrit, Galenit, Sphalerit, Cassiterit, Magnetit, Ilmenit, Siderit

Abb. Seite 140

49 Pyrit

(Schwefelkies)



46% Fe, 54% S

kubisch

H = 6 – 6½

D = 4,9 – 5,2

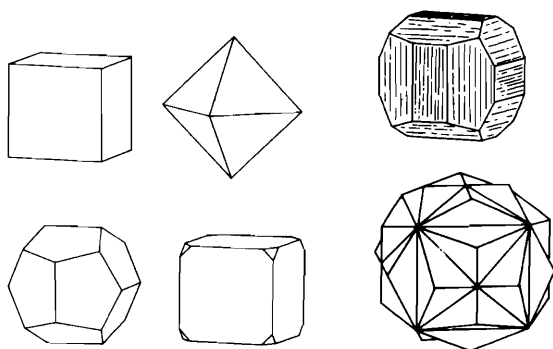
Bravoit = Nickelpyrit (Ni, Fe, Co)S₂

FARBE: messinggelb, gelblichbraun oder bunt angelaufen, dichte Abarten schwarz

STRICH: grünlichschwarz

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: starker Metallglanz/undurchsichtig

Kristallausbildung: würfelig und andere isometrische Formen; gestreifte Flächen;
XX auf- und eingewachsen



Aggregatform: feinkörnig, dicht, faserig, dünnstengelig, radialstrahlig, nierig, knollig, eingesprengt

Spaltbarkeit/Bruch: undeutlich/muschelig; spröde

Bildungsweise und Vorkommen: sog. „Durchläufermineral“
auf fast jedem Erzgang, in fast jedem Gestein
Elbingerode und viele andere Orte; Insel Elba; Gavorrano (Italien); Rio Tinto (Spanien)

Ähnliche Minerale: Markasit, Chalkopyrit, Arsenopyrit, Pyrrhotin

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. zu schwarzer, magnetischer Kugel schmelzend; SO₂-Geruch; Schwefelsublimat im Kölbchen
Chalkopyrit, Sphalerit, Galenit, Arsenopyrit, Pyrrhotin

Abb. Seite 140

50 Markasit

FeS₂

rhombisch

H = 6 – 6½

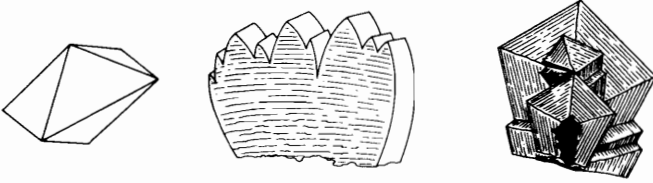
D = 4,8 – 4,9

FARBE: messinggelb mit Stich ins Grünliche, bunt angelaufen, rostfarbene Rinde

STRICH: grünlichschwarz

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Metallglanz/undurchsichtig

Kristallausbildung: tafelig, säulig, nadelig, pyramidenartig



Aggregatform: faserig, stengelig, dicht, radialstrahlig, zellig, hahnenkammartig, knollig, nierig

Spaltbarkeit/Bruch: sehr undeutlich/muschelig; spröde

Bildungsweise und Vorkommen: hydrothermal, metasomatisch, sedimentär

Verdrängungen, Konkretionen, Erzgänge

Aachen; Wiesloch; Clausthal; Freiberg; Sokolov und Most (ČSSR); Dover und Folkstone (England)

Ähnliche Minerale: Pyrit, Chalkopyrit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. zu schwarzer, magnetischer Kugel schmelzend; SO₂-Geruch; im Kölbchen Schwefelsublimat
Pyrit, Galenit, Sphalerit, Arsenopyrit

Abb. Seite 140

GRUPPE I · Metallglanz/rot

51 Proustit
(Lichtes Rotgültigerz)

Ag_3AsS_3
65 % Ag

trigonal

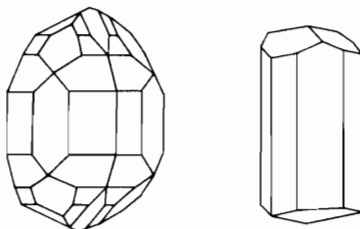
H = $2\frac{1}{2}$
D = 5,6

FARBE: scharlachrot, am Licht oberflächlich dunkler werdend

STRICH: gelblichrot, zinnoberrot

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Diamantglanz/in Splittern halbdurchsichtig

Kristallausbildung: spießig, säulig (sechseitig) mit aufgesetzter Pyramide; XX aufgewachsen, eingesprengt, in Gruppen



Aggregatform: selten massig

Spaltbarkeit/Bruch: deutlich (verzernte Würfel)/muscheliger bis splitterig; spröde

Bildungsweise und Vorkommen: hydrothermal

Erzgänge

St. Andreasberg; Freiberg; Příbram und Jáchymov; Chile; Mexiko

Ähnliche Minerale: Pyrargyrit, Cuprit, Cinnabarit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. leicht schmelzbar; Arsengeruch; mit Soda Silberkorn

Argentit, ged. Silber, Pyrargyrit, ged. Arsen, Smaltin, Chloanthit, Nickelin, Markasit, Baryt, Fluorit, Siderit, Rhodochrosit, Quarz, Pyrit

Abb. Seite 141

52 Kupfer

Cu

kubisch

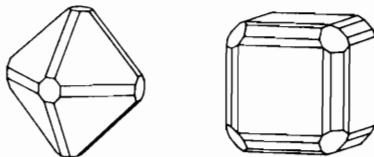
H = $2\frac{1}{2} - 3$
D = 8,5 – 8,9

FARBE: kupferrot, oft dunkel angelaufen bzw. mit brauner, schwarzer, grüner oder blauer Verwitterungsrinde überzogen

STRICH: kupferrot, metallglänzend

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Metallglanz/undurchsichtig

Kristallausbildung: würfelig, Achteckflächner, meist stark verzernte XX; Zwillinge



Aggregatform: dendritisch, blech-, draht-, zahn-, moosförmig, derb, plattig; Klumpen

Spaltbarkeit/Bruch: –/hakig; geschmeidig

Bildungsweise und Vorkommen: hydrothermal, sedimentär

Erzgänge und deren Verwitterungszone, basische Erstarrungsgesteine
Harz; Zwickau; Erzgebirge; Siegerland; Rheinbreitbach; Ural; Cornwall
(England); Michigan (USA)

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. leicht schmelzbar; in Säuren leicht
löslich, bei Ammoniakzusatz tiefblau

Cuprit, Silber, Calcit, Quarz, Malachit, Azurit

Abb. Seite 141

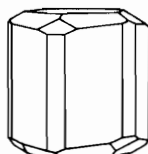
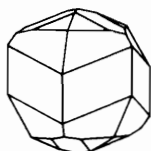
53 Pyrargyrit Ag_3SbS_3 trigonal $H = 2\frac{1}{2} - 3$
(Dunkles Rotgültigerz) 60% Ag, 22% Pb $D = 5,8$

FARBE: dunkelrot bis eisenschwarz

STRICH: kirschrot

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: stark metallischer Glanz, auch Mattglanz/an den
Ecken der XX und in Splintern durchscheinend

Kristallausbildung: spießig, säulig (sechseckig) mit flachen oder spitzen Pyramiden-
enden; XX in Gruppen



Aggregatform: selten massig; Überzüge, Anflüge, Dendriten; eingesprengt; derb

Spaltbarkeit/Bruch: deutlich (verzernte Würfel)/muscheliger bis splitterig; etwas
spröde

Bildungsweise und Vorkommen: hydrothermal

Erzgänge

St. Andreasberg; Freiberg; Příbram

Ähnliche Minerale: Proustit, Cuprit, Cinnabarit, Hämatit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. leicht schmelzbar; Antimonrauch;
mit Soda Silberkorn

Argentit, ged. Silber, Proustit, Chloanthit, Galenit, Smaltin, Stephanit,
Nickelin, Markasit, Baryt, Fluorit, Siderit, Rhodochrosit, Quarz, Pyrit

54 Bornit Cu_5FeS_4 kubisch $H = 3$
(Buntkupferkies) 55–63% Cu ($> 200^\circ\text{C}$ rhombisch) $D = 4,9 - 5,3$

FARBE: frischer Bruch = tombakfarben, bekommt schnell eine bunte Anlauffarbe
(blau/violett)

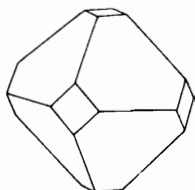
STRICH: grauschwarz

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Metallglanz/undurchsichtig

Kristallausbildung: isometrische Formen;

XX sehr selten

Aggregatform: körnig, dicht, derb, knollig,
plattig, ästig; Überzüge, Anflüge;
eingesprengt



Spaltbarkeit/Bruch: undeutlich (Würfel)/muscheliger; spröde bis mild

Bildungsweise und Vorkommen: pegmatitisch-pneumatolytisch, hydrothermal, sedimentär

Erzgänge, Sedimentgesteine

Siegerland; Berggießhübel; Mansfeld; Salzburg; Vrančice (ČSSR)

Ähnliche Minerale: Pyrrhotin, Nickelin, Covellin, Chalkopyrit, Chalkosin

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. schmelzbar; graue magnetische Kugel; in Salpetersäure und Schwefelsäure unter Schwefelabscheidung löslich

Chalkopyrit, Chalkosin, Galenit, Sphalerit, Magnetit, Enargit, Malachit, Chrysokoll, Calcit

Abb. Seite 143

55 Nickelin
(Rotnickelkies)

NiAs
44% Ni

hexagonal

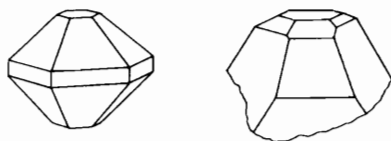
H = 5 – 5½
D = 7,6 – 7,8

FARBE: licht kupferrot, Anlauffarbe dunkler bräunlich oder grau

STRICH: bräunlichschwarz

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: starker Metallglanz/undurchsichtig

Kristallausbildung: pyramidenartig; XX klein und selten



Aggregatform: dicht, feinkörnig, kurzstrahliger, derb, nierenförmig, gestrickt; eingesprengt

Spaltbarkeit/Bruch: undeutlich/muscheliger, uneben; spröde

Bildungsweise und Vorkommen: hydrothermal, liquid-magmatisch

Erzgänge; basische Erstarrungsgesteine

Schneeberg, Annaberg, Johanngeorgenstadt, Jáchymov (Joachimsthal), Marienberg; Wolfach, Wittichen; Mansfeld; Bieber; Riechelsdorf

Ähnliche Minerale: ged. Wismut, Pyrrhotin, Linneit, Maucherit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. schmelzbar; Arsengeruch; in konzentrierten Säuren löslich

Chloanthit, Smaltin, ged. Wismut, ged. Silber, ged. Arsen, Proustite, Galenit, Baryt, Fluorit, Siderit, Calcit

Abb. Seite 143

GRUPPE II · Halbmimetallische Minerale und nichtmetallische Minerale, die einen farbigen Strich geben

Halb- bzw. nichtmetallisch/ Strichfarbe schwarz oder grau

56 Covellin CuS hexagonal H = 1½ – 2
(Kupferindig) 66% Cu D = 4,7

FARBE: dunkelblauschwarz, indigoblau

STRICH: schwarz schimmernd

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: frisch Metallglanz, sonst Mattglanz/undurchsichtig

Kristallausbildung: schuppig, dünntafelig; XX klein und selten

Aggregatform: derb, feinblättrig, feinkörnig, dicht, pulverig, plattig, angefliegen

Spaltbarkeit/Bruch: gut/muschelig; mild, biegsam

Bildungsweise und Vorkommen: hydrothermal, sedimentär

Erzgänge und deren Verwitterungszonen

Sangerhausen; Freiberg

Ähnliche Minerale: Bornit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. leicht schmelzend, mit blauer

Farbe brennend, in Salpetersäure unter Schwefelabscheidung löslich

Kupfersulfide

Abb. Seite 143

57 Pyrolusit MnO₂ tetragonal H = 2 – 6
(Weichmanganerz) D = 4,7 – 5

FARBE: schwarz, dunkelgrau, bläulich angelaufen

STRICH: schwarz

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Halbmimetallglanz/undurchsichtig

Kristallausbildung: säulig, nadelig, würfelig, haarförmig

Aggregatform: strahlig, faserig, locker, erdig, oolithisch, derb, nierig, zapfenförmig

Spaltbarkeit/Bruch: unebener Bruch

Bildungsweise und Vorkommen: hydrothermal, sedimentär

Verwitterungszone von Erzgängen, oolithische Erze

Ilmenau, Elgersburg, Öhrenstock in Thüringen, Siegerland

Ähnliche Minerale: Manganit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. unschmelzbar, mit Salzsäure

heftige Chlorentwicklung

Hämatit, Siderit, Psilomelan, Manganit, Baryt, Calcit

Abb. Seite 143

58 Tenorit CuO monoklin H = 3 – 4
(Melakonit) 79% Cu D = 5,8 – 6,4

FARBE: schwarz oder grauschwarz

STRICH: schwarz, nach Verreiben grün

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Halbmattglanz/nur in dünnsten Blättchen braun durchscheinend

Kristallausbildung: sechseckige dünne Täfelchen

Aggregatform: erdig, rußartig, krustig, schuppig

Spaltbarkeit/Bruch: –

Bildungsweise und Vorkommen: vulkanisch exhalativ, sedimentär, an Vulkanen; Verwitterungszone von Erzgängen
Saalfeld; Mansfeld; Freiberg; Vesuv; Waldsassen in Bayern

Ähnliche Minerale: Pyrolusit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. mit Soda Kupferkorn; in Salzsäure löslich
Chalkosin, Cuprit, Limonit

59 Uraninit



kubisch

H = 4 – 6

(Pechblende, Uranpecherz) bis 76% U

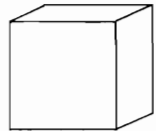
D = 9 – 10,6
(auch geringer)

FARBE: schwarz, pechschwarz mit grünlichem, bräunlichem oder grauem Ton

STRICH: dunkelgrün bis grauschwarz oder bräunlich

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Halbmattglanz/undurchsichtig

Kristallausbildung: XX sehr selten; isometrische Formen



Aggregatform: derb, dicht, krummschalig, traubig, nierig, gebändert; eingesprengt in Lagern und Adern

Spaltbarkeit/Bruch: –/muscheliger bis unebener Bruch, spröde

Bildungsweise und Vorkommen: pegmatitisch, hydrothermal

Granitpegmatite; vor allem aber Erzgänge

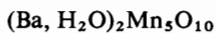
Jáchymov (Joachimsthal), Johanngeorgenstadt, Schneeberg, Marienberg, Annaberg u. a. O. im Erzgebirge; Wittichen in Baden; Wölsendorf in Bayern; Zaire; Norwegen; Schweden; UdSSR; Kanada

Ähnliche Minerale: Psilomelan

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. sehr schwer schmelzbar; in Salpetersäure und Schwefelsäure löslich, mit Ammoniak gelber Niederschlag
Uranocker, Uranglimmer, Galenit, Chalkopyrit, Molybdänit, Chloanthit, ged. Wismut, Pyrargyrit, Proustite, Baryt, Dolomit, Fluorit, Siderit, Quarz

Abb. Seite 142

60 Psilomelan



monoklin/
tetragonal

H = 4 – 6

im allgemeinen

D = 4,4 – 4,7

Feldbezeichnung für Hartmanganerze

FARBE: schwarz, mitunter bräunlichschwarz

STRICH: braunschwarz

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Halbmattglanz, lockere Abarten erscheinen matt/undurchsichtig

Kristallausbildung: feinkristallin, Gelbbildung

Aggregatform: derb, dicht, traubig, zapfig, glaskopfförmig, nierenförmig, stalaktitisch oolithisch, hart, aber auch locker und weich

Spaltbarkeit/Bruch: muscheliger Bruch bis uneben brechend, spröde

Bildungsweise und Vorkommen: sedimentär

Verwitterungszone von Erzgängen, Sedimentgesteine, Konkretionen

Ilfeld im Harz; Ukraine (UdSSR); Indien

Ähnliche Minerale: Pyrolusit, Hausmannit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. unschmelzbar; beim Glühen im Kölbchen Sauerstoffabgabe, etwas Wasser; mit Salzsäure lebhaft Chlor-entwicklung

Pyrolusit, Polianit, Limonit, Baryt, Calcit, Siderit

Abb. Seite 142

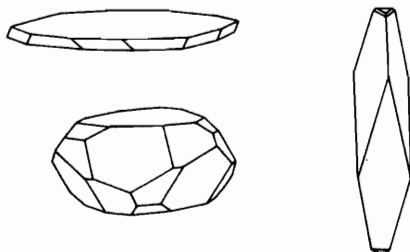
61 Ilmenit	FeTiO_3	trigonal	H = 5 – 6
(Titaneisen)	36 % Fe, 31 % Ti		D = 4,5 – 5,0

FARBE: eisenschwarz, stahlgrau, schwärzlichbraun

STRICH: schwarz, verrieben dunkelbraun

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Halbmattglanz/undurchsichtig

Kristallausbildung: tafelig, linsenförmig, stark deformierte Würfel, sechseckig bzw. dreieckig



Aggregatform: dicht, körnig, rosettenartig, derb

Spaltbarkeit/Bruch: -/muskelig bis uneben; spröde

Bildungsweise und Vorkommen: magmatisch, seltener hydrothermal

in basischen Erstarrungsgesteinen, auf alpinen Klüften, in Seifen

St. Gotthard (Schweiz); Aschaffenburg (BRD); Ilmengebirge im Ural (UdSSR)

Ähnliche Minerale: Magnetit, Hämatit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. unschmelzbar, geglüht magnetisch; in Säuren schwer löslich; von Kaliumhydrogensulfat angreifbar

Rutil, Titanit, Apatit, Feldspat, Quarz

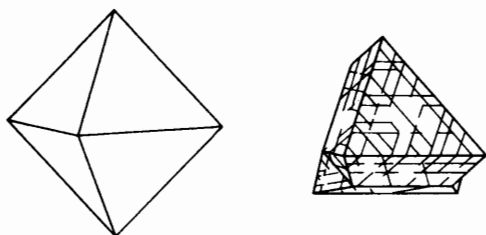
62 Magnetit	Fe_3O_4	kubisch	H = 5½ – 6
(Magnetisenerz)	72 % Fe		D = 4,9 – 5,2

FARBE: eisenschwarz, mitunter auf Kristallflächen bläulich angelaufen

STRICH: grauschwarz, bräunlich

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Halbmattglanz/undurchsichtig

Kristallausbildung: Achtflächner und andere isometrische Formen; Zwillinge; XX eingewachsen



Aggregatform: dicht, derb, körnig, massig, eingesprengt

Spaltbarkeit/Bruch: unvollkommen/muschelig; spröde

Bildungsweise und Vorkommen: magmatisch, kontaktpneumatolytisch, metamorph; untergeordnet hochhydrothermal und sedimentär, verbreitetes Eisenerz basische Tiefen- (Erstarrungs-) Gesteine; Verdrängungen in Karbonatgesteinen; metamorphe eisenreiche Sedimentgesteine; alpine Klüfte; Seifen
Berggießhübel in Sachsen; Schwarze Crux bei Schmiedeberg in Thüringen; Nordschweden; Norwegen; Magnitnaja (UdSSR)

Ähnliche Minerale: Chromit, Ilmenit, Hausmannit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. sehr schwer schmelzbar; natürlicher Magnetismus; in Salzsäure löslich
Sphalerit, Arsenopyrit, Löllingit, Pyrit, Chalkopyrit, Ilmenit, Spinell, Hornblende, Augit, Olivin, Granat, Apatit, Calcit

Abb. Seite 144

63 Ilvaite
(Lievrit)

$\text{CaFe}_3[\text{OH}/\text{O}/\text{Si}_2\text{O}_7]$

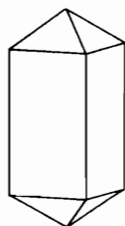
rhombisch

$H = 5\frac{1}{2} - 6$
 $D = 3,8 - 4,1$

FARBE: schwarz mit bräunlicher oder grüner Tönung

STRICH: schwarz

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Halbmetallglanz,
Fettglanz/undurchsichtig



Kristallausbildung: säulig, nadelig, langgestreckt

Aggregatform: stengelig, strahlig, faserig, büschelig, derb

Spaltbarkeit/Bruch: deutlich/uneben

Bildungsweise und Vorkommen: kontaktpneumatolytisch, selten magmatisch
Verdrängungen in Kalken
Herbornseelbach in Nassau (BRD); Insel Elba; Trepča (SFRJ); Seriphos (Griechenland)

Ähnliche Minerale: Turmalin, Grammatit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. leicht schmelzbar, nach dem Schmelzen magnetisch, durch Salzsäure zersetzbar
Augit, Hornblende, Epidot, Quarz, Calcit, Magnetit

64 Braunit $\text{Mn}_7[\text{O}_8/\text{SiO}_4]$
(Hartmanganerz) ca. 64% Mn

tetragonal

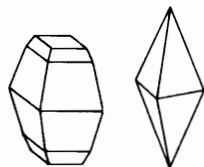
H = 6 – 6½
D = 4,7 – 5,0

FARBE: eisen- bis bräunlichschwarz

STRICH: schwarz

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Halbmetalglanz/undurchsichtig

Kristallausbildung: verzerrte Oktaeder, Pyramiden; XX klein



Aggregatform: körnig, derb, dicht, krustenartig

Spaltbarkeit/Bruch: undeutlich/uneben; spröde

Bildungsweise und Vorkommen: metamorph-metasomatisch
metamorphe, karbonatische Absatzgesteine, Erzgänge
Elgersburg und Öhrenstock im Thüringer Wald; Ilfeld im Harz; Långban
(Schweden)

Ähnliche Minerale: Hausmannit, Magnetit, Chromit, Franklinit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. unschmelzbar; entwickelt mit
Salzsäure Chlor
Pyrolusit, Psilomelan, Hausmannit, Baryt, Calcit

65 Cassiterit
(Zinnstein)

SnO_2
78% Sn

tetragonal

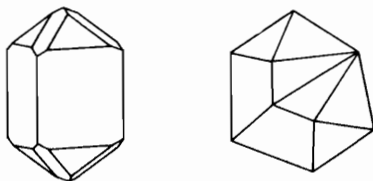
H = 6 – 7
D = 6,8 – 7,1

FARBE: braun und braunschwarz, selten in unreinen gelben, grauen und rötlichen
Farbtönen, farblos

STRICH: bräunlichgrau, weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Diamantglanz, im Bruch Pechglanz/durchscheinend

Kristallausbildung: kurz- bis säulig, quadratischer Querschnitt, aufgesetzte
Pyramiden, verzwilligt; Visierzwillinge, XX auf- und eingewachsen



Aggregatform: dicht, körnig, feinfaserig, schalig, derb, glaskopfförmig, eingesprengt
Spaltbarkeit/Bruch: -/muschelig brechend; spröde

Bildungsweise und Vorkommen: pegmatitisch-pneumatolytisch, kontaktpneumatolytisch, hydrothermal
Erzgänge, Pegmatite, Pneumatolyte, Verdrängungen, Imprägnationen in
manchen Graniten, Seifen, wichtigstes Zinnerz
Altenberg; Geyer; Zinnwald; Horní Slavkov (Schlaggenwald), ČSSR;
Krupka (Graupen); Ehrenfriedersdorf im Erzgebirge; Fichtelgebirge;
Cornwall (England); Bretagne (Frankreich); Indonesien

Ähnliche Minerale: Vesuvian, Zirkon, Turmalin, Granat, Zinkblende, Rutil

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. unschmelzbar; mit Soda metallische
Flitter
Arsenopyrit, Wolframit, Scheelit, Molybdänit, ged. Wismut, Fluorit,
Apatit, Lithionit, Topas, Quarz

Abb. Seite 143

GRUPPE II · Halb- bzw. nichtmetallisch Strichfarbe braun

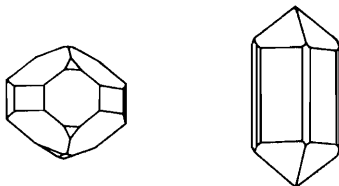
66 Descloizit $\text{Pb}(\text{Zn}, \text{Cu}) [\text{OH}/\text{VO}_4]$ rhombisch $H = 3 - 3\frac{1}{2}$
 Mottramit = Zn-arm 13% V $D = 5,5 - 6,2$

FARBE: braun, braunrot bis schwarzbraun

STRICH: hellbraun, hellgrün

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Fettglanz/durchsichtig bis fast undurchsichtig

Kristallausbildung: säulig, pyramidenartig, tafelig



Aggregatform: radialstrahlig, traubig, warzig, krustig

Spaltbarkeit/Bruch: -/muschelig brechend; spröde

Bildungsweise und Vorkommen: sedimentär

Verwitterungszone von Erzgängen

Dahn in der Pfalz; Hofgrund im Schwarzwald (BRD); Tsumeb (Namibia)

Ähnliche Minerale: -

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. zu schwarzer Schlacke schmelzbar, Zn-Beschlag und Pb-Korn; zerspritzt im Röhrchen, geringe Wasserabgabe

Quarz, Limonit, Pyromorphit, Vanadinit

Abb. Seite 144

67 Sphalerit ZnS kubisch $H = 3\frac{1}{2} - 4$
 (Zinkblende) bis 67% Zn $D = 3,9 - 4,2$

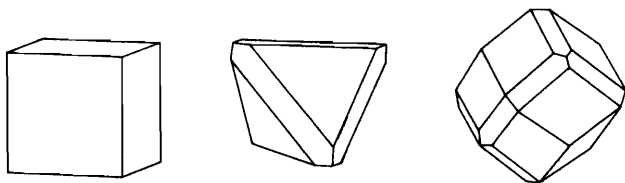
Christophit = eisenreich, metallisch glänzend

FARBE: graubraun bis zimtfarben, oft schwarz, auch gelb, rot, grünlich; sehr selten farblos

STRICH: gelblich-weißbraun

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Diamantglanz/durchscheinend bis undurchsichtig

Kristallausbildung: isometrische Formen



Aggregatform: körnig, spätig, dicht, derb, eingesprengt, nierig, stalaktitisch, schalig, gebändert-lagenförmig

Spaltbarkeit/Bruch: sehr vollkommen (Zwölfflächner)/uneben; spröde

Bildungsweise und Vorkommen: pegmatitisch, pneumatolytisch, hydrothermal; in Spuren auch magmatisch; sedimentär
Erzgänge, Absatzgesteine, verbreitetes Zinkerz
Erzgebirge; Harz; Trepča (SFRJ); Stolberg bei Aachen; Příbram (ČSSR); Schauinsland im Schwarzwald (BRD)

Ähnliche Minerale: Fahlerz, Cassiterit, Granat, Wolframit, Vesuvian

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. zerknisternd, an den Kanten abrundbar; mit Soda Zn-Beschlag; in Salzsäure unter H_2S -Entwicklung löslich
Galenit, Quarz, Siderit, Chalkopyrit, Fluorit, Markasit, Wurtzit, Cassiterit, Pyrrhotin, Magnetit

Abb. Seite 144

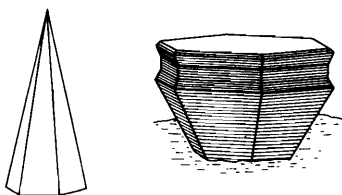
68 Wurtzit ZnS hexagonal $H = 3\frac{1}{2} - 4$
(Schalenblende) bis 67% Zn und 3% Cd $D = 4,0 - 4,3$

FARBE: gelb, licht- bis dunkelbraun

STRICH: hellbraun

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz, Diamantglanz/rot durchscheinend

Kristallausbildung: XX klein und selten; sechsseitig



Aggregatform: strahlig, stengelig, feinfaserig, krustig, schalig, gebändert, glaskopffartig

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen bis deutlich; spröde

Bildungsweise und Vorkommen: hydrothermal, zumeist mit Sphalerit
Erzgänge
Stolberg bei Aachen (BRD); Příbram (ČSSR)

Ähnliche Minerale: Sphalerit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. an den Kanten abrundbar; mit Soda auf Kohle Zn-Beschlag, in Salzsäure unter Schwefelwasserstoffentwicklung löslich
Sphalerit, Galenit, Pyrit, Markasit, Siderit, Greenockit, Quarz

Abb. Seite 152

69 Limonit $FeO(OH) \cdot nH_2O$ rhombisch $H = 4 - 1$
(Brauneisenerz, Brauner Glaskopf) $D = 3,3 - 4,0$

FARBE: gelbbraun, dunkelbraun, fast schwarz

STRICH: rostbraun oder gelblichbraun

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Diamantglanz bis Halbmatalglanz/undurchsichtig

Kristallausbildung: feinstkristallin

Aggregatform: glaskopffartig, nierig, stalaktitisch, traubig, oolithisch, derb, erdig, zellig, krustig, gelartig

Spaltbarkeit/Bruch: -/unebener bis muscheliger Bruch

Bildungsweise und Vorkommen: sedimentär, sehr verbreitet

Verwitterungszone von Erzgängen (sog. eiserner Hut), Sedimentgesteine
Schmalkalden/Thür.

Ähnliche Minerale: Hämatit, Goethit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. unschmelzbar; nach Glühen magnetisch; in Salzsäure löslich

Pyrolusit, Psilomelan, Hämatit, Baryt, Calcit, Chalcedon, Quarz

Abb. Seite 145, 149, 152

70 Manganit

MnOOH
36% Mn

rhombisch

H = 4

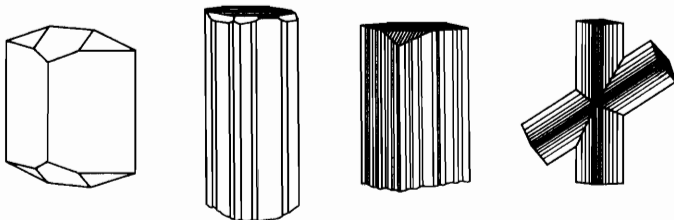
D = 4,3 – 4,4

FARBE: braunschwarz, angewittert stahlgrau (Pyrolusit!)

STRICH: dunkelbraun

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Halbmattglanz/undurchsichtig, in dünnsten Splittern rot durchscheinend

Kristallausbildung: prismenförmig, vertikal gestreift; XX in Gruppen



Aggregatform: dünnstengelig, radial- und wirrstrahlig

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen in Längsrichtung/uneben; spröde

Bildungsweise und Vorkommen: hydrothermal

selbständige Erzgänge in Ergußgesteinen

Ilfeld im Harz; Elgersburg und Öhrenstock im Thüringer Wald

Ähnliche Minerale: Antimonit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. unschmelzbar; Wasserabgabe im Kölbchen; in Salzsäure unter Chlorentwicklung löslich

Pyrolusit, Baryt, Calcit, Hämatit mit Pyrit

Abb. Seite 145

71 Wolframit (Mn, Fe) WO_4

monoklin

H = 5 – 5½

Ferberit = $\text{Fe}[\text{WO}_4]$ 76% WO_3

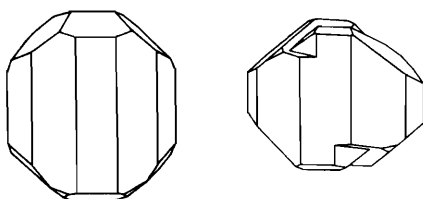
D = 7,1 – 7,5

Hübnerit = $\text{Mn}[\text{WO}_4]$

FARBE: dunkelbraun bis schwarz

STRICH: gelbbraun bis schwärzlichbraun

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Fettglanz, metallartiger Diamantglanz auf Spaltflächen/undurchsichtig bis durchscheinend



Kristallausbildung: kurzsäulig, dicktafelig, nadelig (mit Streifung), keilförmig

Aggregatform: körnig, spätig, schalig, blätterig, strahlig, derb

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen (Tafeln)/uneben; spröde

Bildungsweise und Vorkommen: pegmatitisch, pneumatolytisch

Erzgänge, Pegmatite, wichtigstes Wolframerz

Zinnwald im Erzgebirge; Pechtelsgrün und Tirpersdorf im Vogtland;

Neudorf/Harz; Portugal; China

Ähnliche Minerale: Columbit, Cassiterit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. schmelzbar; in Salzsäure unter Abscheidung von gelbem Wolframoxid löslich; in Schwefelsäure färbt sich Pulver blau

Arsenopyrit, Molybdänit, Antimonit, Cassiterit, ged. Wismut, Bismuthinit,

Scheelit, Fluorit, Apatit, Zinnwaldit, Quarz, Turmalin

Abb. Seite 146

72 Goethit

α -FeOOH

rhombisch

H = 5 – 5½

(Nadeleisenerz)

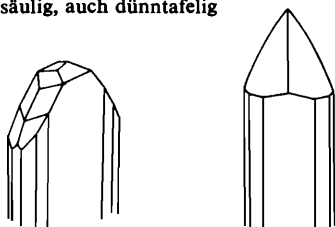
D = 4,0 – 4,4

FARBE: dunkelbraun bis schwarz, lichtgelb

STRICH: braun bis braungelb

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Diamantglanz bis Halbmattglanz/undurchsichtig, dünne Splitter braun bis gelb durchscheinend

Kristallausbildung: nadelig, haarig, säulig, auch dünntafelig



Aggregatform: samrtartig, faserig-krustig, strahlig, glaskopfförmig, derb, oolithisch

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen/spröde

Bildungsweise und Vorkommen: sedimentär

Verwitterungszone von Erzgängen

Sedimentgesteine

auf fast jeder Lagerstätte anzutreffen

Ähnliche Minerale: Limonit, Manganit, Lepidokrokit, Hämatit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. schwarz und magnetisch werdend; gibt im Kölbchen unter Rotfärbung Wasser ab; in Salzsäure löslich

Limonit, Hämatit, Pyrit, Siderit, Quarz, Chalcedon, Calcit

Abb. Seite 145

73 Pyrochlor (Ca, Na)₂(Nb, Ta)₂O₆(O, OH, F)
(Koppit) kubisch

$$H = 5 - 5\frac{1}{2}$$

$$D = 4 - 4,4$$

FARBE: dunkelbraun, rötlichbraun, gelblichgrün, mitunter bräunlichschwarz, hellgelbe Säume an der Oberfläche

STRICH: lichtbraun

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Diamantglanz, Fettglanz, Glas- oder Pechglanz/halbdurchsichtig oder durchscheinend

Kristallausbildung: Würfel, Oktaeder; XX eingewachsen

Aggregatform: körnig, eingesprengt

Spaltbarkeit/Bruch: undeutlich (Achtflächner)/muscheliger; spröde

Bildungsweise und Vorkommen: metamorph, pegmatitisch

Nephelin-Pegmatite, Umwandlungsgesteine (metamorphe Kalke)

Laacher See (BRD); Schelingen am Kaiserstuhl (BRD); Söve, Norwegen;

Uganda; Simbabwe

Ähnliche Minerale: –

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. schwer schmelzbar; wird beim Erhitzen gelb

Nephelin, Zirkon

74 Samarskit (Y, U, Ca) (Nb, Fe)₂ (O, OH)₆

rhombisch

$$H = 5 - 6$$

$$D = 5,6 - 5,8$$

FARBE: samtschwarz bis bräunlichschwarz

STRICH: dunkler rötlichbraun bis schwarz

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: stark pechartiger Glanz/undurchsichtig

Kristallausbildung: tafelig, prismenförmig,
auf- und eingewachsene XX

Aggregatform: dicht, körnig, derb

Spaltbarkeit/Bruch: undeutlich/flachmuscheliger

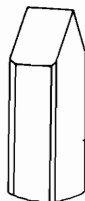
Bildungsweise und Vorkommen: pegmatitisch

Miask im Ural (UdSSR); Norwegen

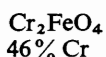
Ähnliche Minerale: Fergusonit, Niobit, Tantalit, Gadolinit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. leicht an den Kanten zu schwarzem Glas schmelzend; salzsaure Lösung wird bei Zinnzugabe blau

Niobit, Monazit, Zirkon



75 Chromit
(Chromeisenerz)



kubisch

$$H = 5\frac{1}{2}$$

$$D = 4,0 - 4,8$$

FARBE: eisen- bis bräunlichschwarz

STRICH: braun

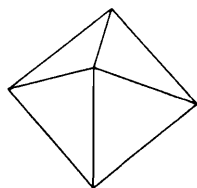
GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Halbmattglanz – fettiger Glanz/undurchsichtig

Kristallausbildung: XX selten; kleine Oktaeder

Aggregatform: körnig, eingesprengt, derb, dicht

Spaltbarkeit/Bruch: muschelig bis uneben brechend

Bildungsweise und Vorkommen: liquid-magmatisch
basische Tiefen- (Erstarrungs-) Gesteine
und aus ihnen hervorgegangene
Umwandlungsgesteine; Seifen
Pöhlberg; Bärenstein/Erzgeb.; Waldheim;
Kraubath in der Steiermark; Ključ, Ural (UdSSR),
Türkei; Simbabwe

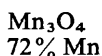


Ähnliche Minerale: Magnetit, Franklinit, Gahnit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. unschmelzbar; nach dem Glühen
magnetisch; in Säure unlöslich; Oxydationsschmelze mit Salpeter gelb
Olivin, Bronzit, Granat, Magnetit

Abb. Seite 146

76 Hausmannit



tetragonal

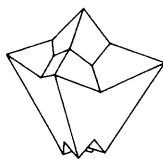
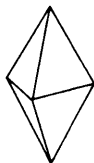
H = $5\frac{1}{2}$
D = 4,7 – 4,9

FARBE: eisenschwarz mit Stich ins Braune

STRICH: rötlichbraun

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: starker Diamantglanz oder Halbmattglanz/undurchsichtig

Kristallausbildung: achtförmig, spitz-pyramidenförmig; oft Zwillinge



Aggregatform: körnig, spätig, derb

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen (Blättchen)/uneben; spröde

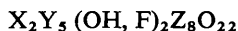
Bildungsweise und Vorkommen: metasomatisch-metamorph; hydrothermal in metamorphen Kalken und Dolomiten; auf Manganitgängen
Elgersburg und Öhrenstock im Thüringer Wald; Ilfeld im Harz; Långban (Schweden)

Ähnliche Minerale: Magnetit, Braunit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. unschmelzbar; in Salzsäure unter
Chlorentwicklung löslich
Pyrolusit, Psilomelan, Braunit, Baryt, Dolomit

Abb. Seite 146

77 Gemeine Hornblende



monoklin

H = $5\frac{1}{2}$ – 6

X = Ca, Na

D = 3,1 – 3,3

Y = Mg, Fe²⁺, Mn, Fe³⁺, Al, Ti

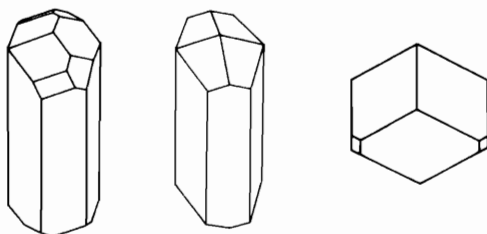
Z = Si, Al

FARBE: verschiedene grüne, braune, graugrüne, dunkle bis schwarze Farben

STRICH: graubraun-graugrün

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz, Seidenglanz/durchsichtig bis undurchsichtig

Kristallausbildung: stengelig, säulig, kurzsäulig, sechsseitige Querschnitte



Aggregatform: stengelig, faserig, strahlig, wirrfaserig, körnig, dicht, derb

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen in Längsrichtung (faserig)/spröde

Bildungsweise und Vorkommen: magmatisch, metamorph
magmatische und metamorphe Gesteine
allverbreitet

Ähnliche Minerale: Augit, Epidot, Turmalin

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. schmelzbar, magnetische Perle
Augit, Granat, Feldspat, Epidot, Calcit, Magnetit

Abart: basaltische Hornblende, ausgezeichnet durch erhöhten Fe^{3+} -Gehalt

Abb. Seite 146

78 Loparit $(\text{Na}, \text{Ce}, \text{Ca})\text{TiO}_3$ pseudokubisch $H = 5\frac{1}{2} - 6$
 $D = 4,7 - 4,9$

FARBE: schwarz oder grauschwarz

STRICH: zimtfarben bis graubraun

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: nur in dünner Schicht durchscheinend

Kristallausbildung: isometrische Formen; XX eingewachsen

Aggregatform: körnig, feinkristallin, nierig, derb

Spaltbarkeit/Bruch: deutlich/muschelig

Bildungsweise und Vorkommen: metamorph, magmatisch, hydrothermal

Vorkommen: Umwandlungsgesteine, metamorphe Kalke, Chlorit- und Talkschiefer,
basische Erstarrungsgesteine (Ergußgesteine)

Pfäfers in den italienischen Alpen; Kola-Halbinsel (UdSSR)

Ähnliche Minerale: –

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. unschmelzbar; Sodaschmelze in Salzsäure gelöst, färbt sich beim Kochen mit Sn violett, danach Blaufärbung durch Nb-Anwesenheit

Chlorit, Talk, Serpentin; Melilith, Nephelin, Leucit

79 Brookit TiO_2 rhombisch $H = 5\frac{1}{2} - 6$
 $D = 3,9 - 4,1$

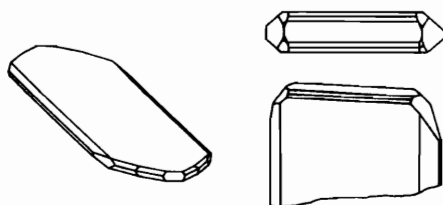
FARBE: gelblich- bis rotbraun, fast schwarz

STRICH: gelblichweiß bis braun

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Diamantglanz/durchsichtig bis durchscheinend

Kristallausbildung: dünntafelig, selten säulig

Aggregatform: bildet keine Aggregate



Spaltbarkeit/Bruch: undeutlich/uneben; spröde

Bildungsweise und Vorkommen: hydrothermal, sedimentär
alpine Klüfte

Amsteg in der Schweiz; Prägraten in Tirol; Miass im Ural (UdSSR)

Ähnliche Minerale: –

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. unschmelzbar; in Säuren unlöslich
Quarz, Adular, Albit, Rutil, Anatas, Titanit

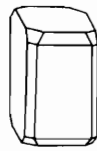
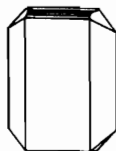
80 Niobit (Fe, Mn) (Nb, Ta)₂O₆ rhombisch H = 6
(Columbit) 40–75 % Nb₂O₅/1–42 % Ta₂O₅ D = 5,2 – 8,2
Tantalit = (Fe, Mn) (Ta, Nb)₂O₆

FARBE: schwarz oder bräunlichschwarz

STRICH: braun, kirschrot, schwarz

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: metallartiger Pechglanz/undurchsichtig

Kristallausbildung: tafelig, kurzsäulig, kurznadelig; XX eingewachsen



Aggregatform: derb

Spaltbarkeit/Bruch: deutlich/muschelig; spröde

Bildungsweise und Vorkommen: pegmatitisch

Granitpegmatite

Zwiesel und Hagendorf in Bayern (BRD); Mocambique; Kongo; Australien

Ähnliche Minerale: Gadolinit, Orthit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. unschmelzbar; von HCl angegriffen
Beryll, Kryolith

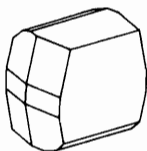
81 Orthit monoklin H = 6
(Allanit) D = 4,1
Kompliziertes Silikat mit seltenen Erden wenn frisch

FARBE: gelb, braun, pechschwarz

STRICH: braun, grünlichgrau

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz, Pechglanz, Fettglanz/undurchsichtig

Kristallausbildung: säulig, nadelig, tafelig, XX selten



Aggregatform: rundliche Körner, stengelig, derb

Spaltbarkeit/Bruch: undeutlich/muschelig

Bildungsweise und Vorkommen: magmatisch, pegmatitisch, kontaktmetamorph, metamorph

granitische Erstarrungsgesteine, Pegmatite, kontaktmetamorphe Kalke, Umwandlungsgesteine

Laacher See; Weinheim (BRD); Plauenscher Grund bei Dresden; Bobritzsch bei Freiberg; Suhl; Ilmenau; Arendal (Norwegen)

Ähnliche Minerale: Gadolinit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. unter Aufschäumen zu schwarzem magnetischem Glase schmelzend, zuweilen unter SiO_2 -Abscheidung in Salzsäure löslich

Feldspat, Hornblende, Quarz

82 Rutil

TiO_2
60% Ti

tetragonal

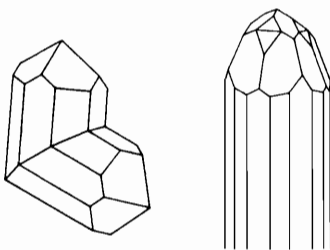
H = 6 – 6½
D = 4,2 – 4,3

FARBE: verschiedene rote Farbtöne, seltener gelbbraun und gelblich, eisenschwarz, farblos

STRICH: gelblichbraun

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Diamantglanz bis metallähnlicher Glasglanz/durchscheinend bis undurchsichtig

Kristallausbildung: säulig, nadelig, längsgestreift, knie- und herzförmige Zwillinge



Aggregatform: strahlig, körnig, derb, eingesprengt, gitterartig

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen in Längsrichtung/muschelig; spröde

Bildungsweise und Vorkommen: pegmatitisch-pneumatolytisch, metamorph, sedimentär

alpine Klüfte, Pegmatite basischer Erstarrungsgesteine, Seifen

Pfisch in den italienischen Alpen; Binnental (Schweiz); Kragerö, (Norwegen); Ilmengebirge im Ural; USA; Brasilien; Mexico

Ähnliche Minerale: Magnetit, Ilmenit, Wolframit, Zinkit, Cassiterit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. unschmelzbar; unlöslich in Säuren
Titanit, Anatas, Brookit, Feldspat, Apatit, Quarz

Abb. Seite 146

GRUPPE II · Halb- bzw. nichtmetallisch Strichfarbe rot

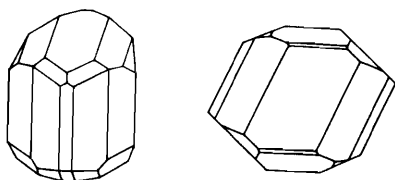
83 Realgar As_4S_4 monoklin $H = 1\frac{1}{2} - 2$
 69% As $D = 3,5 - 3,6$

FARBE: lichtrot, seltener dunkelrot

STRICH: orangerot bis gelb

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Diamantglanz, auf Bruchflächen Harz- oder Fettglanz/
 halbdurchsichtig

Kristallausbildung: kurzadelig, kurzsäulig, dicktafelig; XX klein; XX einzeln und
 in Drusen



Aggregatform: dicht, erdig, körnig, angefliegen, derb, eingesprengt

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen/kleinmuschelrig, splitterig; mild bis spröde

Bildungsweise und Vorkommen: hydrothermal, exhalativ, sedimentär

Erzgänge, Sedimentgesteine, vulkanisches Sublimat

Binnental (Schweiz); Kavnik; Baia Sprie (Rumänien); Allchar (Griechenland)

Ähnliche Minerale: Cinnabarit, Krokoit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. leicht schmelzbar; verbrennt mit
 bläulichweißer Flamme unter starkem Arsengeruch; im Kölbchen rotes
 Sublimat

Arsen, Antimonit, Sphalerit, Pyrit, Aüripigment, Baryt, Calcit

Abb. Seite 146, 149

84 Erythrin $\text{Co}_3[\text{AsO}_4]_2 \cdot 8 \text{H}_2\text{O}$ monoklin $H = 2$ (erdig 1)
 (Kobaltblüte) $D = 3,1$

FARBE: pfirsichblütenrot, durch Zersetzung grünlichgrau

STRICH: etwas lichter rötlich, das getrocknete Pulver tief lavendelblau

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz, auf Spaltflächen Perlmuttglanz/durch-
 scheinend

Kristallausbildung: nadelförmige,
 schuppige, haarförmige XX

Aggregatform: dünnstengelig, strahlrig, blättrig, erdig;
 Anflug, Beschlag, Ausblühung

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen (Schuppen)

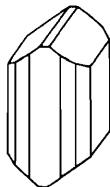
Bildungsweise und Vorkommen: sedimentär

Erzgänge (Verwitterungszone)

wenig verbreitet

Schneeberg; Marokko; Dazkessan (UdSSR)

Ähnliche Minerale: –



Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. leicht schmelzbar; As-Beschlag; in Säuren rote Lösung
ged. Kupfer, Malachit, Azurit, Chalkosin, Chrysokoll, Tenorit, Limonit

Abb. Seite 147

85 Cinnabarit
(Zinnober)

HgS
86% Hg

trigonal

H = 2 – 2½
D = 8,1 – 8,2

FARBE: rot, mitunter bleigrau angelaufen

STRICH: scharlachrot

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Diamantglanz/halbdurchsichtig

Kristallausbildung: dünntafelig, dicktafelig, kurzsäulig, kurzadelig, deformierte Würfel

Aggregatform: körnig, dicht, derb, erdig, angefliegen, krummschalig

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen/splittig; mild

Bildungsweise und Vorkommen: hydrothermal, metasomatisch, Erzgänge, heiße Quellen, Verdrängungen und Imprägnationen in Sedimentgesteinen
Moschellandsberg (BRD); Toskana; (Italien); Idria (SFRJ); Nikitovká; (UdSSR); Almaden (Spanien)

Ähnliche Minerale: Realgar, Erythrin, Hämatit, Krokoit, Cuprit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. flüchtig; mit Soda Quecksilber; sublimiert im Kölbchen; nur in Königswasser löslich

Quecksilber, Schwazit, Chalkopyrit, Pyrit, Sphalerit, Hämatit, Galenit, Markasit, Siderit, Baryt, Dolomit, Calcit, Fluorit, Opal, Chalcedon

Abb. Seite 147



86 Krokoit
(Rotbleierz)

Pb[CrO₄]
22% Cr₂O₃

monoklin

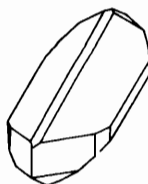
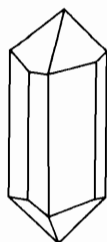
H = 2½ – 3
D = 6,0

FARBE: gelblichrot, orangerot, verblassend

STRICH: orangerot bis gelb

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: fettartiger Diamantglanz/durchscheinend

Kristallausbildung: nadelig, säulig, spießig; flächenreiche XX



Aggregatform: derb, eingesprengt, angefliegen

Spaltbarkeit/Bruch: deutlich in Längsrichtung (prismatisch)/muscheliger; mild

Bildungsweise und Vorkommen: sedimentär

Erzgänge (Verwitterungsbereich)

Callenberg/Sachs.; Berezovsk (Ural, UdSSR); Tasmanien; Brasilien

Ähnliche Minerale: Realgar, Cinnabarit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. stark zerknisternd und leicht schmelzend; verpufft auf Kohle, Pb-Kügelchen; in Salzsäure unter Bleichloridfällung löslich

Galenit, Limonit, Cerussit, Mimetesit

Abb. Seite 147

87 Greenockit

CdS

hexagonal

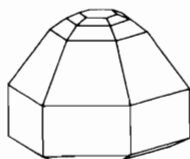
H = 3 – 3½
D = 4,9 – 5

FARBE: honig- bis orangegelb, braun

STRICH: gelbbrot

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: starker fettiger Diamantglanz/durchscheinend

Kristallausbildung: pyramidenartig, prismenförmig, tafelig; XX selten



Aggregatform: dicht, erdig, kleinnierig; vor allem als Überzug

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen/spröde

Bildungsweise und Vorkommen: sedimentär

Verwitterungszone von Erzgängen

Pöhlh/Erzgeb.; Bishopton (Schottland); Gorny Slask (Polen)

Ähnliche Minerale: Bismutit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. unschmelzbar; Cd-Beschlag; in Salzsäure unter H₂S-Entwicklung löslich

Sphalerit, Smithsonit, Galenit, Calcit, Prehnit

88 Cuprit

(Rotkupfererz)

Cu₂O

88 % Cu

kubisch

H = 3½ – 4
D = 5,8 – 6,2

FARBE: rot, rotbraun, bleigrau

STRICH: braun- bis blutrot

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Diamantglanz/nur in feinen Splittern halbdurchsichtig

Kristallausbildung: isometrische Formen;

XX aufgewachsen

Aggregatform: derb, eingesprengt,

körnig, dicht, haarig, büschelig

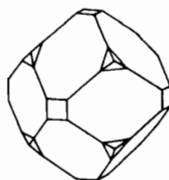
Spaltbarkeit/Bruch: undeutlich,

(Oktaeder)/muschelrig; spröde

Bildungsweise und Vorkommen: sedimentär

Verwitterungszone von Erzgängen

Chessy bei Lyon; Nižni Tagilsk (Ural, UdSSR); Bisbee (Arizona)



Ähnliche Minerale: Proustit, Pyrargyrit, Cinnabarit, Hämatit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. Schwarzfärbung; mit Soda Kupferkorn; in Säuren löslich

Malachit, Azurit, ged. Kupfer, Limonit, Chrysokoll, Tenorit

Abb. Seite 148

89 Hämatit



trigonal

H = $6\frac{1}{2}$

(Eisenglanz, Roteisenstein, 70% Fe

D = 4,9 – 5,3

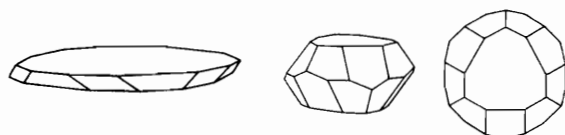
Specularit)

FARBE: stahlgrau, eisenschwarz, erdige Arten hellrot, bunt angelaufen

STRICH: kirschrot bis rotbraun

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Halbmetalglanz/undurchsichtig

Kristallausbildung: tafelig, blättrig, schuppig, linsenförmig, stark deformierte Würfel, pyramidenartig; oft feinstkristallin



Aggregatform: körnig, strahlig, stengelig, dicht; auch erdig und pulverig bzw. nierig, stalaktitisch, glaskopfförmig

Spaltbarkeit/Bruch: -/muscheliger bis erdiger brechend; spröde

Bildungsweise und Vorkommen: hydrothermal, pneumatolytisch (metasomatisch), vulkanisch-exhalativ, sedimentär, metamorph
metamorphe Eisenlagerstätten (ehemalige eisen- und quarzreiche Sedimente), Erzgänge, Gesteinspigment, Verdrängungen
Altenberg, Schneeberg im Erzgebirge, Lahn-Dill-Gebiet, (BRD); Elbingenode, UdSSR; Schweden; Brasilien; Rio Marina (Elba); St. Gotthard (Schweiz); Hor. Biatna (ČSSR)

Ähnliche Minerale: Ilmenit, Magnetit, Chromit, Proustit, Pyrargyrit, Cinnabarit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. unschmelzbar, nach dem Glühen magnetisch; in Salzsäure löslich

Limonit, Goethit, Pyrolusit, Psilomelan

Abb. Seite 148

GRUPPE II · Halb- bzw. nichtmetallisch Strichfarbe gelb

90 Auripigment As_2S_3 monoklin $\text{H} = 1\frac{1}{2} - 2$
61 % As (pseudorhombisch) $\text{D} = 3,4 - 3,5$

FARBE: zitronengelb mit rötlichem bis bräunlichem Ton, feinkristalline Massen sind schmutziggelb

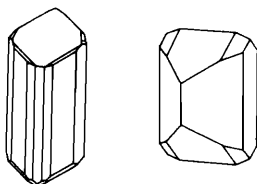
STRICH: lichtgelb

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Diamantglanz und Halbmattglanz/durchscheinend, Spaltblättchen durchsichtig

Kristallausbildung: tafelig, säulig;
XX klein und selten

Aggregatform: breitstengelig, radialstrahlig,
blättrig, pulverig, erdig, körnig,
derb, plattig, nierig

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen/mild,
schneidbar, biegsam



Bildungsweise und Vorkommen: hydrothermal, sedimentär
Erzgänge, heiße Quellen, karbonatische Absatzgesteine
Binnental in der Schweiz; Kavnik und Baia Sprie (Rumänien); Allchar
(Griechenland)

Ähnliche Minerale: Realgar

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. leicht schmelzend, verbrennt mit
bläulichweißer Flamme unter Arsengeruch; im Kölbchen dunkelgelbes Sub-
limat; in Kalilauge löslich
ged. Arsen, Realgar, Antimonit, Sphalerit, Pyrit, Baryt, Calcit, Dolomit

Abb. Seite 149

91 Autunit $\text{Ca}[\text{UO}_2/\text{PO}_4]_2 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ tetragonal $\text{H} = 2$
(Kalkuranglimmer) 58–63 % UO_3 $\text{D} = 3 - 3,2$

FARBE: zitronengelb, grünlichgelb, graugelb

STRICH: gelblich

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: auf Spaltflächen Perlmuttglanz/durchsichtig bis durch-
scheinend

Kristallausbildung: schuppig, dünntafelig, dicktafelig

Aggregatform: schuppig, erdig, dicht, angefliegen; aufgewachsen

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen (Schuppen)/-

Bildungsweise und Vorkommen: Erzgänge; auf Klüften in hellen Erstarrungsgesteinen
Erzgebirge; Vogtland; Autun (Frankreich); Mt. Spokane (USA); Mt. Pain-
ter (Australien)

Ähnliche Minerale: Auripigment u. U., Torbernit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. leicht schmelzbar; gibt im Kölbchen
Wasser ab
Uranminerale (Torbernit)

Abb. Seite 149

92 Humboldtinit $\text{Fe}[\text{C}_2\text{O}_4] \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ rhombisch $\text{H} = 2$
(Oxalit) $\text{D} = 2,25$

FARBE: gelblich, ockergelb bis strohgelb

STRICH: ocker- bis strohgelb

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Mattglanz, schimmernd/undurchsichtig

Kristallausbildung: haarförmig, prismenförmig

Aggregatform: dicht, erdig, traubig, derb

Spaltbarkeit/Bruch: -/ unebener Bruch

Bildungsweise und Vorkommen: diagenetisch

Braunkohle

Lužice (Luschitz, ČSSR)

Ähnliche Minerale: -

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. erst schwarz, dann rot werdend;
in Säuren leicht löslich, in Wasser unlöslich
Gips, Alaun

93 Uranophan $\text{CaH}_2[\text{UO}_2/\text{SiO}_4]_2 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ monoklin $\text{H} = 2 - 3$
(Uranotil) $\text{D} = 3,8 - 4$

FARBE: gelb

STRICH: blaßgelb

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Seidenglanz/undurchsichtig

Kristallausbildung: nadelig

Aggregatform: faserig, filzig, derb, nierig

Spaltbarkeit/Bruch: -

Bildungsweise und Vorkommen: sedimentär

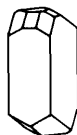
Erzgänge, meist als Neubildung

aus Pechblende in Granithohlräumen

Wölsendorf in Bayern; (BRD); Mt.Painter (Australien)

Ähnliche Minerale: -

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. fast unschmelzbar; durch Säuren
leicht zersetzbar
Uraninit, Uranglimmer, Uranocker, Fluorit



94 Copiapit $(\text{Fe}, \text{Mg})\text{Fe}_4[\text{OH}/(\text{SO}_4)_3]_2 \cdot 20 \text{H}_2\text{O}$ triklin $\text{H} = 2\frac{1}{2}$
 $\text{D} = 2,1 - 2,2$

FARBE: hell- bis orangegelb, dicht auch olivgrün

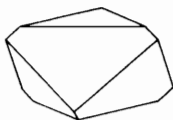
STRICH: blaßgelb

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Perlmuttglanz auf (010), sonst matt glänzend

Kristallausbildung: tafelig (sechseckig), faserig

Aggregatform: körnig, schuppig, erdig, dicht, mehlig, derb; als Überzug oder Beschlag

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen nach der Tafelfläche (Blättchen)



Aggregatform: körnig, faserig, schuppig, erdig, derb, pulverig, nierig, traubig; Krusten

Spaltbarkeit/Bruch: deutlich (Schuppen)/spröde

Bildungsweise und Vorkommen: sedimentär
Verwitterungsbereich von Erzgängen
Schwarzenberg im Erzgebirge; Beresovsk, Ural (UdSSR)

Ähnliche Minerale: Limonit, Copiapit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. bei Rotglut SO_2 -Geruch, Schwärzung oder Bräunung; im Kölbchen Wasserabgabe; in Säuren löslich
Limonit, Hämatit, Quarz, Alunit

98 Kakoxen $\text{Fe}_4[\text{OH}/\text{PO}_4]_3 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$ hexagonal $\text{H} = 3 - 4$
 $\text{D} = 2,2 - 2,4$

FARBE: gelb bis bräunlichgelb

STRICH: strohgelb

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: meist Seidenglanz, auch Wachsglanz

Kristallausbildung: faserig, haarig, feinnadelig

Aggregatform: kurzfasrig, radialstrahlig, derb, kugelig, traubig; Überzüge

Spaltbarkeit/Bruch: -

Bildungsweise und Vorkommen: sedimentär
Brauneisenerzlager und Erzgänge (Verwitterungszone)
Grube Eleonore bei Gießen (BRD); Gr. Hrbek (ČSSR)

Ähnliche Minerale: -

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. schmelzbar; bläulichgrüne Flammenfarbe; gibt im Kölbchen Wasser ab; in Salzsäure leicht löslich
Limonit

99 Powellit $\text{Ca}[\text{MoO}_4]$ tetragonal $\text{H} = 3\frac{1}{2}$
 $\text{D} = 4,3 - 4,5$

FARBE: blaßgelb, gelblichgrün

STRICH: hellgelblich bis -grünlich

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Diamantglanz

Kristallausbildung: tafelig, pyramidenartig; kleine XX

Aggregatform: schuppig, stengelig; derb, krustig

Spaltbarkeit/Bruch:/- uneben

Bildungsweise und Vorkommen: sedimentär
Verwitterungsbereich von Erzgängen
Azegour (Marokko); Minussinsk (UdSSR)

Ähnliche Minerale: Scheelit, Coelestin

Weitere Merkmale und Begleitminerale: auf Kohle Mo-Beschlag, löslich in Salzsäure
Molybdänit, ged. Kupfer; Scheelit

100 Carnotit $K_2[(UO_2)_2/V_2O_8] \cdot 3 H_2O$ rhombisch H = etwa 4
ca. 12% V und 64% UO_3 D = 4,5

FARBE: hellgelb bis grünlichgelb

STRICH: hellgelb bis grünlichgelb

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: starker Glanz, auf Spaltflächen Perlmutterglanz

Kristallausbildung: tafelig, blätterig; XX undeutlich

Aggregatform: körnig, pulverig, fächerförmig, nierig, traubig, erdig

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen spaltbar

Bildungsweise und Vorkommen: sedimentär

Erzgänge, Absatzgesteine (jeweils in der Verwitterungszone)

Cornwall (England); Brancheville (USA); Kasalo (Zaire); Watsonville (Australien); Utah (USA)

Ähnliche Minerale: Autunit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: unbelichtetes Fotomaterial wird geschwärzt; Wasserabgabe im Kölbchen; mit Salzsäure blutrote Lösung, die beim Erhitzen entfärbt wird.

101 Zinkit ZnO hexagonal H = $4\frac{1}{2}$ – 5
(Rotzinkerz) D = 5,4 – 5,7

FARBE: orangegelb oder dunkelrot

STRICH: rötlichgelb

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Diamantglanz/durchscheinend

Kristallausbildung: natürliche XX selten

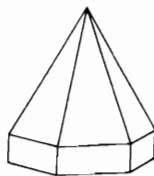
Aggregatform: körnig, spätig, schalig, derb

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen/muschelig; spröde

Bildungsweise und Vorkommen: metamorph, kontaktmetasomatisch in metamorphen Kalksteinen
Schneeberg (Erzgeb); Franklin, New Jersey (USA)

Ähnliche Minerale: Rutil, Cinnabarit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. unschmelzbar, Zinkbeschlag in Säuren unlöslich
Franklinit, Willemit, Calcit, Rhodonit, Granat



102 Lepidokrokit $\gamma\text{-FeOOH}$ rhombisch H = 5
(Rubinglimmer) 62% Fe D = 4,1

FARBE: dunkelrot bis rotschwarz, Splitter rubinrot bis gelbrot

STRICH: ockergelb bis braun

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Diamantglanz/dünne Splitter durchsichtig

Kristallausbildung: tafelig

Aggregatform: wirrblättrig, rosettenartig, locker, pulverig, schuppig, glaskopffartig

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen/spröde

Bildungsweise und Vorkommen: sedimentär

Sedimentgesteine, Verwitterungszone von Erzgängen
an die Vorkommen des Limonits gebunden
Schneeberg (Sachs.)

Ähnliche Minerale: Limonit, Goethit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v.d.L. an den Kanten schmelzbar; nach dem Glühen schwarz und magnetisch; Wasserabgabe im Kölbchen unter Rötung; in Salzsäure langsam, in Salpetersäure rasch löslich
Limonit, Hämatit, Quarz, Galenit, Calcit, Chalcidon

103 Hypersthen $(\text{Fe, Mg})_2[\text{Si}_2\text{O}_6]$ rhombisch $H = 5 - 6$
 $D = 3,3 - 3,5$

FARBE: grün bis grünlichschwarz oder braunschwarz

STRICH: gelb bis braun, grau

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: metallartiger Glasglanz, kupferroter Schiller/undurchsichtig

Kristallausbildung: säulig, tafelig, XX flächenreich und selten

Aggregatform: derb, körnig, blätterig

Spaltbarkeit/Bruch: deutlich in Längsrichtung/schalige Absonderung

Bildungsweise und Vorkommen: magmatisch, seltener metamorph
basische Erstarrungsgesteine, selten in Gneisen
Bad Harzburg im Harz; Bodenmais in Bayern (BRD)

Ähnliche Minerale: Enstatit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v.d.L. schwer zu magnetischem Glas schmelzend, durch Säuren langsam zersetzt
Feldspat, Olivin, Hornblende, Biotit, Pyrrhotin

GRUPPE II · Halb- bzw. nichtmetallisch Strichfarbe grün

104 Annabergit $\text{Ni}_3[\text{AsO}_4]_2 \cdot 8 \text{H}_2\text{O}$ monoklin $\text{H} = 2$
(Nickelblüte) $\text{D} = 3 - 3,1$

FARBE: apfel- bis dunkelgrün

STRICH: hellgrün

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz/undurchsichtig

Kristallausbildung: haarig, nadelig, schuppig; XX sehr selten

Aggregatform: dicht, erdig; pulverig, derb; Anflug, Beschlag, Ausblühung

Spaltbarkeit/Bruch: –

Bildungsweise und Vorkommen: sedimentär

Verwitterungsbereich von Erzgängen

Annaberg; Riechelsdorf (BRD); Laurion (Griechenland)

Ähnliche Minerale: Chrysokoll, Malachit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v.d.L. As-Beschlag und graues Korn; in Säuren leicht löslich

Chloanthit, Nickelin, Proustite, Erythrin, Siderit, Baryt, Calcit

Abb. Seite 149

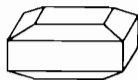
105 Torbernit $\text{Cu}[\text{UO}_2/\text{PO}_4]_2 \cdot 12-8 \text{H}_2\text{O}$ tetragonal $\text{H} = 2 - 2\frac{1}{2}$
(Kupferuranglimmer) 57–61 % UO_3 $\text{D} = 3,2 - 3,6$

FARBE: smaragdgrün, grasgrün; satter und leuchtender als Autunit

STRICH: blaßgrün

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz, auf Spaltflächen Perlmutterglanz/durchscheinend

Kristallausbildung: dünn tafelig, pyramidenförmig, XX einzeln aufgewachsen



Aggregatform: schuppige Bündel, erdig

Spaltbarkeit/Bruch: sehr vollkommen (Schuppen)

Bildungsweise und Vorkommen: sedimentär

Verwitterungszone von Erzgängen

Erzgebirge; Vogtland; Wölsendorf in Bayern (BRD); Cornwall (England);

Kasala (Zaire); Brancheville (USA); Watsonville (Australien); Französ.

Zentralmassiv

Ähnliche Minerale: Zeunerit, Autunit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. leicht schmelzbar; in Salpetersäure löslich; Cu-Reaktion; gibt im Kölbchen Wasser ab

Limonit, Hämatit, Quarz

Abb. Seite 149

106 Uranocircit $\text{Ba}[\text{UO}_2/\text{PO}_4]_2 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ $\text{H} = 2 - 2\frac{1}{2}$
 56–57% UO_3 $\text{D} = 3,53$

FARBE: schmutziggelb bis grüngelb

STRICH: hellgelblichgrün

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: –

Kristallausbildung: dünntafelig, schuppig

Aggregatform: dünnblättrig; in Drusen, Überzüge

Spaltbarkeit/Bruch: gut spaltbar

Bildungsweise und Vorkommen: sedimentär

Verwitterungszone von Uranerzgängen

Bergen im Vogtland; Wölsendorf in Bayern (BRD)

Ähnliche Minerale: Autunit, Uranospinit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: –

Abb. S. 150

107 Glaukonit Kaliumsilikat monoklin $\text{H} = 2 - 3$
 $\text{D} = 2,2 - 2,8$

FARBE: dunkelgrün bis grünlichschwarz

STRICH: grün bis graugrün

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: matt, auch Glas- und Fettglanz/undurchsichtig

Kristallausbildung: XX nicht bekannt

Aggregatform: locker, erdig, blättrig; in losen Körnern

Spaltbarkeit/Bruch: –/ spröde

Bildungsweise und Vorkommen: sedimentär

Neubildung in Sedimentgesteinen (Sandsteine, Tone, Kalke)

Elbsandsteingebirge; Vorharzgebiet

Ähnliche Minerale: Seladonit, Thuringit, Chamosit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. zu schwarzem magnetischem Gla-
 se schmelzend
 Phosphorit

108 Garnierit $(\text{Ni}, \text{Mg})_6[(\text{OH})_8/\text{Si}_4\text{O}_{16}]$ monoklin $\text{H} = 2 - 4$
 4,3–36% Ni $\text{D} = 2,3 - 2,8$

FARBE: kräftig bläulichgrün oder tief grasgrün

STRICH: hellgrün

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: matt, manchmal Fett-, Wachsglanz/undurchsichtig

Kristallausbildung: XX unbekannt

Aggregatform: traubig, nierig, krustig, gebändert, dicht, derb

Spaltbarkeit/Bruch: muschelrig

Bildungsweise und Vorkommen: sedimentär

Verwitterungsmineral ultrabasischer Gesteine

St. Egidien in Sachsen; Kempirsaj (UdSSR)

Ähnliche Minerale: –

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. unschmelzbar, in Säuren zersetzbar
 Olivin, Serpentin, Magnesit, Chrysopras, Limonit, Opal

Abb. S. 150

111 Brochantit $\text{Cu}_4[(\text{OH})_6/\text{SO}_4]$ monoklin $H = 3\frac{1}{2} - 4$
 $D = 3,97$

FARBE: smaragd- bis schwärzlichgrün

STRICH: lichtgrün

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz, auf Spaltflächen Perlmuttglanz/durchsichtig bis durchscheinend

Kristallausbildung: aufgewachsene, kurzsäulige XX, pseudorhombisch

Aggregatform: derb, körnig, parallelfaserige Krusten oder Nieren

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen/-

Bildungsweise und Vorkommen: Verwitterung

Oxydationszone von Cu-Erzen, besonders Trockengebiete

La Duchessa (Sardinien); Tsumeb (Namibia); Algier; New Mexico und Arizona (USA); Atacama-Wüste (Chile)

Ähnliche Minerale: Malachit, Antlerit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: löslich in verdünnten Säuren, gibt im Glasrohr SO_2 und H_2O ab und wird schwarz

Malachit, Antlerit; Minerale der Oxydationszone

Abb. Seite 151

112 Malachit $\text{Cu}_2[(\text{OH})_2/\text{CO}_3]$ monoklin $H = 3\frac{1}{2} - 4$
 $57\% \text{ Cu}$ $D = 3,9 - 4,1$

FARBE: XX schwärzlichgrün, 00 smaragdgrün

STRICH: hellgrün

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: XX Glasglanz, Diamantglanz, 00 seiden- bis mattglänzend/durchscheinend bis undurchsichtig

Kristallausbildung: faserig, nadelig

Aggregatform: nierig-traubig, achatähnlich gebändert, büschelig; Anflug; Ausblühung, Durchtränkungen

Spaltbarkeit/Bruch: gut/muschelig, splitterig; spröde

Bildungsweise und Vorkommen: hydrothermal

Verwitterungsbereich von Erzgängen, Sedimentgesteine

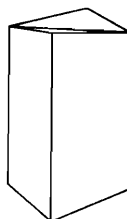
Betzdorf (Siegen); Rheinbreitbach; Dillenburg; (BRD); Chessy (Frankreich); Ural (UdSSR); Tsumeb (Namibia); Bisbee (USA)

Ähnliche Minerale: Chrysokoll, Atakamit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: schmilzt v.d.L.; Reduktion auf Kohle zu Cu-Flittern; im Kolben unter Schwärzung Wasserabgabe; löslich in Säuren und Ammoniak

Limonit, Chalkopyrit, Bornit, Tetraedrit, Chalkosin, Cuprit, ged. Kupfer, Hämatit, Azurit

Abb. Seite 151, 176



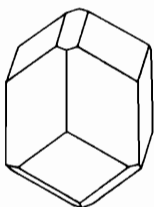
113 Dioptas	$\text{Cu}_6[\text{Si}_6\text{O}_{18}] \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ 40% Cu	trigonal	H = 5 D = 3,3 – 3,4
--------------------	--	----------	------------------------

FARBE: smaragdgrün

STRICH: grün

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz/durchsichtig oder durchscheinend

Kristallausbildung: kurzsäulig, XX aufgewachsen



Aggregatform: selten massige oder kristalline Aggregate

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen/muschelig; spröde

Bildungsweise und Vorkommen: sedimentär

Verwitterungszone von Erzgängen

Kirgisische Steppe (UdSSR); Baita (Rumänien); Otavibergland (Namibia)

Ähnliche Minerale: Malachit, Atakamit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. unschmelzbar; färbt sich beim Erhitzen schwarz; mit Soda Kupferkorn; in Salzsäure gelatinierend
Chrysokoll, Calcit

Abb. Seite 151

114 Hedenbergit	$\text{CaFe}[\text{Si}_2\text{O}_6]$	monoklin	H = $5\frac{1}{2}$ – 6 D = 3,5 – 3,6
------------------------	--------------------------------------	----------	---

FARBE: dunkel- bis schwarzgrün

STRICH: graugrün

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz/durchsichtig bis durchscheinend

Kristallausbildung: nadelig, selten gute Kristalle

Aggregatform: körnig, stengelig, strahlig, dicht, derb

Spaltbarkeit/Bruch: deutlich in Längsrichtung/uneben bis flachmuschelig

Bildungsweise und Vorkommen: kontaktmetasomatisch

Verdrängungen in Kalken

Nordmarken in Schweden

Ähnliche Minerale: –

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v.d.L. schmelzbar; wird von Säuren langsam angegriffen

Augit, Granat, Magnetit, Sphalerit

GRUPPE II · Halb- bzw. nichtmetallisch Strichfarbe blau

115 **Azurit**
(Kupferlasur)

$\text{Cu}_3[(\text{OH})/\text{CO}_3]_2$
55% Cu

monoklin

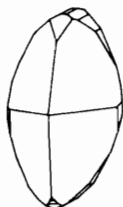
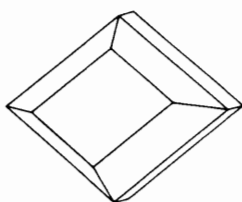
H = $3\frac{1}{2}$ – 4
D = 3,7 – 3,9

FARBE: XX lasurblau, 00 heller blau

STRICH: hellblau

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz/durchscheinend

Kristallausbildung: tafelig, kurzsäulig, prismatisch



Aggregatform: strahlig, nierig, traubig, derb, dicht, pulverig, erdig, in kugeligen Gruppen, Imprägnationen, Anflug, Überzug

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen bzw. deutlich nach zwei Richtungen/muschelig bis uneben, splitterig; spröde

Bildungsweise und Vorkommen: hydrothermal, sedimentär

Verwitterungsbereich von Erzgängen, Sedimentgesteine

XX von Chessy (Frankreich); Tsumeb (Namibia); Bisbee; Arizona (USA); Adelaide (Australien)

Ähnliche Minerale: Linarit, Vivianit, Lasurit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. schmelzbar; Cu-Flitter auf Kohle; in Säuren und Ammoniak löslich; im Kölbchen unter Schwärzung Wasserabgabe

Malachit, Limonit, Chalkopyrit, Enargit, Tetraedrit, Cuprit, Chalkosin

Abb. Seite 145

116 **Lasurit** $(\text{Na}, \text{Ca})_8[\text{SO}_4, \text{S}, \text{Cl}_2]/(\text{AlSiO}_4)_6]$
(Lapislazuli)

kubisch

H = $5\frac{1}{2}$
D = 2,4

FARBE: dunkel lasurblau, ungleichmäßig gefärbt, manchmal grünlich oder violett

STRICH: heller blau

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz/kantendurchscheinend

Kristallausbildung: isometrische Formen; XX sehr selten

Aggregatform: dicht, feinkörnig, derb

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen/muschelig; spröde

Bildungsweise und Vorkommen: kontaktmetamorph

Kalke am Kontakt zu Erstarrungsgesteinen

Afghanistan, selten im Tuff der Albaner Berge; (Italien) Sludjanka am Balkal-See; Buchara (UdSSR); Kanada

Ähnliche Minerale: Sodalith, Nosean, Hauyn, Lazulith

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. schmelzbar, weiße Kugel; durch Salzsäure zersetzbar, H_2S -Geruch
Diopsid, Glimmer, Humit, Calcit

Abb. Seite 176

117 Linarit $PbCu[(OH)_2/SO_4]$ monoklin $H = 5\frac{1}{2}$
D = 5,4

FARBE: azurblau

STRICH: hellblau

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glas- bis Diamantglanz/durchscheinend

Kristallausbildung: nadelig, tafelig; kleine flächenreiche XX

Aggregatform: faserig, pulverig, strahlig, eingesprengt; Beschlag

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen, senkrecht zur Tafel oder parallel zur Längserstreckung (Blättchen)/muschelrig; spröde

Bildungsweise und Vorkommen: sedimentär

Verwitterungsbereich von Cu-Pb-Lagerstätten

Linares in Spanien; Schapbachtal (BRD); Tsumeb (Namibia)

Ähnliche Minerale: Kupferlasur

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. Pb-Beschlag; scheidet in Salzsäure weißes Bleichlorid aus (Unterschied zu Azurit!)
Chalkopyrit, Galenit, Cerussit, Calcit

Abb. Seite 145

GRUPPE III · Nichtmetallisch glänzende Minerale mit grauem, weißem oder ohne Strich

Nichtmetallisch/sehr weich

118 Kaolinit	$\text{Al}_4[(\text{OH})_8/\text{Si}_4\text{O}_{10}]$ 21 % Al	monoklin	H = ca. 1 D = 2,6
---------------------	--	----------	----------------------

FARBE: farblos, weiß mit gelber, rötlicher, bräunlicher, grünlicher und bläulicher Tönung

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Schuppen und Blättchen Perlmuttglanz, dichte 00 Mattglanz/undurchsichtig

Kristallausbildung: dünntafelig, sechsseitig

Aggregatform: feinschuppig, erdig, dicht, derb

Spaltbarkeit/Bruch: sehr vollkommen (Schuppen)/muscheliger bis erdig

Bildungsweise und Vorkommen: hydrothermal, sedimentär
Nachbarschaft von Erzgängen mitunter kaolinisiert, Verwitterungsprodukt alumosilikatischer Gesteine
Kemmlitz, Meißen, Aue (Sachs.); Passau; (BRD) Sedlec (Zettlitz) bei Karlovy Vary (ČSSR)

Ähnliche Minerale: Pyrophyllit, Serizit, Montmorillonit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. unschmelzbar; Blaufärbung beim Glühen mit Kobaltnitratlösung; wird von Schwefelsäure völlig zersetzt
Feldspat, Nephelin, Leucit, Skapolith

119 Talk	$\text{Mg}_3[(\text{OH})_2/\text{Si}_4\text{O}_{10}]$	monoklin	H = 1 D = 2,7 – 2,8
-----------------	---	----------	------------------------

FARBE: grobkristalline Massen blaßgrün, sonst weiß mit gelblicher, bräunlicher oder grünlicher Tönung

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glas- oder Perlmuttglanz/durchsichtig bis durchscheinend

Kristallausbildung: schuppig, blätterig, sechsseitig

Aggregatform: krummblättrig, dünnschalig, schuppig, derb

Spaltbarkeit/Bruch: sehr vollkommen/uneben bis splitterig

Bildungsweise und Vorkommen: metamorph, hydrothermal
Metamorphite
Göpfersgrün im Fichtelgebirge; Zöblitz; Kiefernberg in Sachsen; Zillertal in Tirol (Österreich); Pyrenäen (Frankreich)

Ähnliche Minerale: Serizit, Chlorit, Brucit, Gips, Pyrophyllit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. gut schmelzbar; blättert beim Glühen auf und leuchtet stark; wird nur von Flußsäure angegriffen
Aktinolith, Magnesit, Dolomit, Apatit, Magnetit, Pyrit

Abb. Seite 153

120 Ulexit $\text{NaCa}[\text{B}_3\text{O}_6(\text{OH})_6] \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ triklin $\text{H} = 1$
(Boronatrocalcit) $\text{D} = 1,96$

FARBE: weiß, schneeweiß

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: matter, seidiger Glanz/durchscheinend

Kristallausbildung: XX sehr klein; unter dem Mikroskop nadelig oder blätterig

Aggregatform: faserig, erdig, locker, knollig

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen spaltbar (Blättchen, Schuppen)

Bildungsweise und Vorkommen: sedimentär

Sedimentgesteine

Niederellenbach an der Fulda (BRD); Nevada; Oregon (USA); Peru; Argentinien

Ähnliche Minerale: Pandermit, Colemanit, Datolith

Weitere Merkmale und Begleitminerale: Wasserabgabe im Kölbchen, gelbe Flammenfarbe

Halit, Gips, Glauberit

121 Sassolin $\text{B}(\text{OH})_3$ triklin $\text{H} = 1$
(Borsäure) $\text{D} = 1,48$

FARBE: weiß

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: auf den Spaltflächen Perlmutterglanz, sonst Glasglanz/durchscheinend

Kristallausbildung: blätterig, schuppig, spanförmig

Aggregatform: locker, pulverig, krustig, schuppig, zapfenförmig, derb

Spaltbarkeit/Bruch: sehr vollkommen (Schuppen)/faserig; mild, fettig anzufühlen, Blättchen biegsam

Bildungsweise und Vorkommen: hydrothermal

Sublimationsprodukt an Vulkanen und heißen Quellen

Sasso in Toskana (Italien); Awatč auf Kamčatka (UdSSR)

Ähnliche Minerale: Borax, Kernit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. leicht schmelzbar; grüne Flammenfarbe
ged. Schwefel

122 Pyrophyllit $\text{Al}_2[(\text{OH})_2/\text{Si}_4\text{O}_{10}]$ monoklin $\text{H} = 1 - 1\frac{1}{2}$
 $\text{D} = 2,66 - 2,9$

FARBE: weiß, grünlich oder gelblich getönt

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz, schuppige 00 Perlmutterglanz/durchscheinend

Kristallausbildung: tafelig, blätterig, ohne regelmäßige Begrenzung

Aggregatform: schuppig, rosettenförmig, grobstrahlig, dicht, derb

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen/uneben; mild, fettig anzufühlen

Bildungsweise und Vorkommen: hydrothermal, metamorph

Erzgänge, Hohlräume in basaltischen Erstarrungsgesteinen

Recht in der Eifel (BRD); Zermatt in der Schweiz; Carolina (USA); China

Ähnliche Minerale: Talk, Kaolinit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. blätterartiges Aufblähen, unschmelzbar; in Schwefelsäure schwer löslich
Quarz, Amblygonit, Disthen

Abb. Seite 153

123 Natrit $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ monoklin $H = 1 - 1\frac{1}{2}$
(Soda) $D = 1,42 - 1,47$

FARBE: farblos, grau, gelblichweiß

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz/durchsichtig bis durchscheinend

Kristallausbildung: kleine XX, tafelig

Aggregatform: pulverig, körnig-stengelig; Überzüge, Ausblühungen

Spaltbarkeit/Bruch: deutlich (schuppig)/muscheliger, erdig

Bildungsweise und Vorkommen: sedimentär

Absatzgesteine, Bodenausblühungen

Ungarn; Natronseen Nord- und Südamerikas; Nerčinsk (UdSSR)

Ähnliche Minerale: Natronsalpeter

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. gelbe Flammenfarbe, schmilzt im eigenen X-Wasser; leicht löslich in Wasser und Säuren (Aufbrausen)

124 Mirabilit $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ monoklin $H = 1\frac{1}{2}$
(Glaubersalz) $D = 1,49$

FARBE: farblos und weiß

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: –/durchsichtig, verwittert trüb

Kristallausbildung: XX nach b-Achse gestreckt

Aggregatform: krustig und mehlartige Ausblühungen

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen nach (100)–

Bildungsweise und Vorkommen: sedimentär

Salzlagerstätten, an Vulkanen

Ungarn; Sizilien; Bad Ischl und Hallstatt; Karabugas-Bucht des Kaspisees (UdSSR); Natronseen Ägyptens; Großer Salzsee von Utah (USA)

Ähnliche Minerale: –

Weitere Merkmale und Begleitminerale: leicht in Wasser löslich; schmilzt in seinem Kristallwasser
Gips, Halit, Tonminerale

125 Carnallit $\text{KMgCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ rhombisch $H = 1 - 2$
 $14\% \text{ K}, 0,015-0,03\% \text{ Rb}$ $D = 1,6$

FARBE: farblos, weißlich, gelblich; durch schuppigen Eisenglanz rot

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: im frischen Bruch Glasglanz, Fettglanz/durchsichtig

Kristallausbildung: tonnenförmig, dicktafelig; XX selten

Aggregatform: grobkörnig, eingesprengt, derb
Spaltbarkeit/Bruch: muscheliger Bruch, spröde
Bildungsweise und Vorkommen: sedimentär
 Salzgesteine
 Kalisalzlager



Ähnliche Minerale: Bischofit, Tachyhydrit, Kainit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. leicht schmelzbar; bitterer Geschmack; zerfließlich

Halit, Anhydrit, Sylvit, Kainit, Kieserit, Boracit

Abb. Seite 154

126 Aurichalcit $(\text{Zn}, \text{Cu})_3[(\text{OH})_3/\text{CO}_3]_2$ rhombisch $H = 1 - 2$
 $D = 3,6$

FARBE: blaßgrün, grünlich- bis himmelblau

STRICH: weiß, bläulich

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Perlmuttglanz/durchscheinend

Kristallausbildung: feinnadelig, feinfaserig

Aggregatform: rosettenförmig, krustig, schalig, dicht; Ausblühung

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen spaltbar

Bildungsweise und Vorkommen: hydrothermal

Verwitterungsbereich von Erzgängen

Spanien; Laurion (Griechenland); Tsumeb (Namibia)

Ähnliche Minerale: Chrysokoll

Weitere Merkmale und Begleitminerale: Cu-Perlenreaktion; Zn-Beschlag auf Kohle, Limonit, Sphalerit, Chalkopyrit, Smithsonit, Malachit

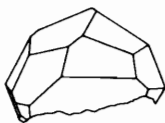
127 Salmiak NH_4Cl kubisch $H = 1 - 2$
 $D = 1,53$

FARBE: farblos, durch FeCl_3 gelegentlich gelb oder braun

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz/durchsichtig

Kristallausbildung: Würfel, Oktaeder u. a. Formen; XX sehr klein



Aggregatform: faserig, erdig, muschelig, krustig, traubig, derb

Spaltbarkeit/Bruch: unvollkommen (Achtflächner)/muschelig; mild

Bildungsweise und Vorkommen: hydrothermal – exhalativ

an Vulkanen

Vesuv, Ätna

Ähnliche Minerale: –

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. leicht und vollständig flüchtig; mit Soda Ammoniakentwicklung

128 Kalomel
(Quecksilberhornerz)



tetragonal

H = 1 – 2
D = 6,4 – 6,5

FARBE: farblos, grau- bis gelblichweiß, gelblichgrau, braun

STRICH: weiß

GLANZ: Diamantglanz

Kristallausbildung: dicktafelig, kurzadelig,
pyramidenartig; XX klein und flächenreich

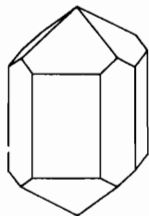
Aggregatform: krustig, hornartig, dicht;
dünne Drusenhäute

Spaltbarkeit/Bruch: undeutlich (Blättchen)/muscheliger;
mild, schneidbar

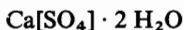
Bildungsweise und Vorkommen: sedimentär
Verwitterungszone von Erzgängen
Moschellandsberg

Ähnliche Minerale: Chlorargyrit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. sublimierend; mit Soda metallisches Quecksilber; in Königswasser löslich
Cinnabarit, ged. Quecksilber, Fahlerz, Baryt, Quarz



129 Gips



monoklin

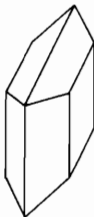
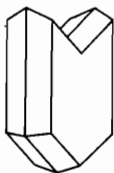
H = 1½ – 2
D = 2,3 – 2,4

FARBE: farblos, weiß, in verschiedenen Farben

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glas-, Perlmutterglanz/durchsichtig bis durchscheinend

Kristallausbildung: säulig, nadelig, tafelig, linsenförmig;
Kontaktzwillinge



Aggregatform: körnig, dicht, faserig, schuppig, erdig, strahlig, derb; Ausblühung
Spaltbarkeit/Bruch: sehr vollkommen bis deutlich (Schuppen und Blättchen)/
muscheliger bis faserig; mild, biegsam

Bildungsweise und Vorkommen: sedimentär

Absatzgesteine, Erzgänge (Verwitterungsbereich)

Südharz; Nordharz; Jena; Mansfeld; Swerdlowsk (Ural, UdSSR); Polen;
Frankreich; England; Opava (ČSSR); Österreich

Ähnliche Minerale: Anhydrit, Talk, Kaolinit, Brucit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. zu trüber Perle schmelzend;
Wasserabgabe im Kölbchen; löslich in kochender Kalilauge
Dolomit, Anhydrit, Halit, Aragonit, Boracit, Schwefel
Gips bildet häufig sog. Schwalbenschwänze aus

Abb. Seite 153

130 Nitronatrit NaNO_3 trigonal $H = 1\frac{1}{2} - 2$
(Natronsalpeter, Chilesalpeter) $D = 2,2 - 2,3$

FARBE: weiß, grau, rötlichbraun, zitronengelb

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz/durchscheinend

Kristallausbildung: würfelförmig (nach der Raumdiagonale verzerrt)

Aggregatform: derb, körnig

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen/muschelig; mild bis spröde

Bildungsweise und Vorkommen: sedimentär

Sedimentgesteine

Chile

Ähnliche Minerale: Natrit, Nitrokalit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. sehr leicht schmelzend; auf Kohle verpuffend; etwas hygroskopisch; bitterer, kühlender Geschmack
Halit, Mirabilit, Glauberit, Gips

131 Vivianit $\text{Fe}_3[\text{PO}_4]_2 \cdot 8 \text{H}_2\text{O}$ monoklin $H = 1\frac{1}{2} - 2$
(Blaueisenerz) $D = 2,6 - 2,7$

FARBE: frisch weiß oder farblos, färbt sich an der Luft sofort blau

STRICH: farblos bis bläulichweiß, durch Oxydation dunkel- bis schwarzblau oder grün bzw. grau

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz, auf Spaltflächen Perlmutterglanz/durchsichtig bis durchscheinend

Kristallausbildung: säulig, nadelig, auch tafelig; XX selten

Aggregatform: strahlig, erdig, pulverig, derb, kugelig, nierenförmig

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen (Blättchen)

Bildungsweise und Vorkommen: sedimentär-diagenetisch

Sedimentgesteine (Neubildung unter Abschluß von Luftsauerstoff)

Waldsassen in Bayern; Kertsch (UdSSR);

Cornwall (England); Mullica Hills, New Jersey (USA)

Ähnliche Minerale: Azurit, Lazulith

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. zu magnetischer Kugel schmelzend; gibt im Kölbchen Wasser; in Säuren löslich
Pyrrhotin, Pyrit, Chalkopyrit, Torf, Ton, Raseneisenerz, fossile Knochen und Muscheln

Abb. Seite 154



132 Chlorargyrit AgCl kubisch $H = 1\frac{1}{2} - 2$
(Hornsilber, Kerargyrit) $75\% \text{ Ag}$ $D = 5,5 - 5,6$
Embolit = $\text{Ag}(\text{Cl}, \text{Br})$
Jodobromit = $\text{Ag}(\text{Cl}, \text{Br}, \text{I})$

FARBE: frisch farblos, meist grau, gelb, braun oder schwarz

STRICH: weiß, stark glänzend

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: XX Diamantglanz,
dichte Massen Wachsglanz/durchscheinend

Gruppe III · Nichtmetallisch/sehr weich

Kristallausbildung: Würfel, Achtfächner; XX sehr klein

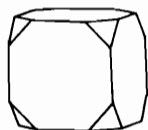
Aggregatform: derb, krustig, parallelfaserig

Spaltbarkeit/Bruch: muscheliger; geschmeidig, schneidbar

Bildungsweise und Vorkommen: sedimentär

Verwitterungszone von Erzgängen

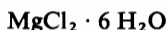
Johanngeorgenstadt im Erzgebirge u. a. Silbererzgruben



Ähnliche Minerale: Kalomel

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. sehr leicht unter Aufsieden zu grauer Perle schmelzbar, in Ammoniak löslich
ged. Silber, Cerussit, Calcit, Baryt, Limonit

133 Bischofit



monoklin

H = $1\frac{1}{2}$ – 2

D = 1,6

FARBE: weiß

STRICH: weiß

GLANZ: Glasglanz

Kristallausbildung: säulig; XX selten

Aggregatform: körnig, blätterig, faserig

Spaltbarkeit/Bruch: undeutlich/muskelig

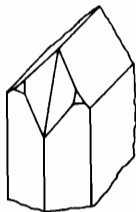
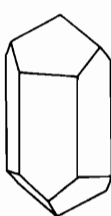
Bildungsweise und Vorkommen: sekundär

in Salzgesteinen

Vienenburg; Staßfurt

Ähnliche Minerale: Carnallit, Kainit, Tachyhydrit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: sehr zerfließlich; zwischen den Fingern zerdrückbar
Carnallit, Kainit



134 Schwefel

S

rhombisch

H = < 2

D = 2,0 – 2,1

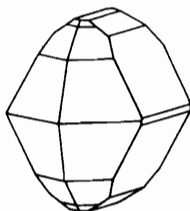
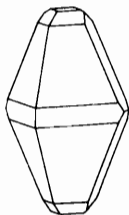
FARBE: schwefelgelb mit Stich ins Grünliche; honigwachs-gelb; seltener durch Auripigment orange und durch Bitumen braun gefärbt

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: XX-Flächen Diamantglanz, Bruchflächen matt/XX durchscheinend

Kristallausbildung: pyramidenartig, selten tafelig; XX sehr flächenreich, XX aufgewachsen

Aggregatform: dicht, erdig, faserig, derb, pulverig, stalaktitisch, krustig



Spaltbarkeit/Bruch: gut/muschelig; spröde

Bildungsweise und Vorkommen: hydrothermal, sedimentär, vulkanisch-exhalativ
Absatzgesteine, vulkanische Sublimate
Staßfurt; Weenzen; Caltanissetta; Roccamuto; Grotta (Sizilien)

Ähnliche Minerale: –

Weitere Merkmale und Begleitminerale: brennbar; SO₂-Geruch
Ton, Calcit, Gips, Halit, Coelestin, Aragonit

Abb. Seite 155

135 Halit
(Steinsalz)

NaCl

kubisch

H = 2
D = 2,1 – 2,2

FARBE: farblos, blau

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz, verwitterte Abarten Fettglanz/rein durchsichtig

Kristallausbildung: Würfel

Aggregatform: grob- bis mittelkörnig, spätig, feinkörnig,
dicht, parallelfaserig, stalaktitisch

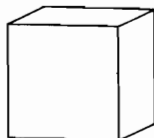
Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen (Würfel)/muschelig;
mild bis spröde

Bildungsweise und Vorkommen: sedimentär
Salzgesteine
Salzlagerstätten

Ähnliche Minerale: Sylvin

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. schmelzend; gelbe Flammenfarbe;
verdampfbar; in Wasser leicht löslich; salziger Geschmack
Anhydrit, Gips, Sylvin, Carnallit, Kainit, Dolomit

Abb. Seite 154



136 Sylvin

KCl

kubisch

H = 2
D = 1,97 – 1,99

FARBE: rein farblos, durch Einschlüsse verschieden gefärbt

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz/rein durchsichtig

Kristallausbildung: Würfel (teilweise abgeflachte Ecken)

Aggregatform: körnig, spätig, dicht; Ausblühung

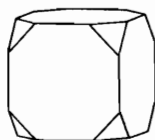
Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen (Würfel)/mild bis spröde

Bildungsweise und Vorkommen: sedimentär, hydrothermal
Salzgesteine, an Vulkanen
Salzlagerstätten

Ähnliche Minerale: Halit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: violette Flammenfärbung; v. d. L. leicht
schmelzbar und flüchtig; in Wasser sehr leicht löslich; Geschmack un-
angenehm bitter
Halit, Carnallit, Anhydrit, Kieserit

Abb. Seite 154, 159



137 Nitrokalit KNO_3 rhombisch $H = 2$
(Kalisalpeter) $D = 2$

FARBE: farblos, weiß, grau

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz/durchsichtig bis durchscheinend

Kristallausbildung: nadelig, haarig

Aggregatform: nadelig, haarig, mehlig, körnig, Ausblühungen, Krusten

Spaltbarkeit/Bruch: deutlich/muschelig; spröde

Bildungsweise und Vorkommen: sedimentär

Absatzgesteine, Verwitterungsbildungen

Cochabamba; Bolivia; Kislowodsk (UdSSR)

Ähnliche Minerale: Natronsalpeter

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. sehr leicht schmelzend; auf Kohle verpuffend; nicht hygroskopisch; kühlender Geschmack
Nitronatrium

138 Tachyhydrit $\text{CaCl}_2 \cdot 2 \text{MgCl}_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$ trigonal $H = 2$
 $D = 1,67$

FARBE: wachs- bis honiggelb oder farblos

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz, matt/durchscheinend

Kristallausbildung: keine natürlichen XX

Aggregatform: körnig, dicht, derb, nesterförmig, knollig

Spaltbarkeit/Bruch: deutlich (verzerrte Würfel)

Bildungsweise und Vorkommen: sekundäre Bildung in Salzgesteinen
Staßfurt, Vienenburg

Ähnliche Minerale: Carnallit, Kainit, Bischofit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: gibt im Kölbchen viel Wasser ab; in Wasser leicht löslich; bitterer Geschmack; zerfließlich
Kainit, Carnallit, Anhydrit

139 Muskovit $\text{KAl}_2[(\text{OH}, \text{F})_2/\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$ monoklin $H = 2 - 2\frac{1}{2}$
 $D = 2,8 - 3,1$

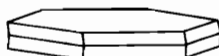
FARBE: dünne Spalttafeln farblos, häufig mit gelblicher, grauer, grüner Tönung

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz, Spaltflächen Perlmutterglanz/durchsichtig bis durchscheinend

Kristallausbildung: kurzsäulig, tafelig, sechsseitig

Aggregatform: großblättrig, schuppig, dicht



Spaltbarkeit/Bruch: höchst vollkommen spaltbar (dünne Blättchen)

Bildungsweise und Vorkommen: magmatische Abfolge, metamorph, sedimentär
saure Erstarrungsgesteine (nur Tiefengesteine)

Pegmatite, Gneise, Sande, Sandsteine

St. Gotthard, Zillertal in den Alpen; im Fichtelgebirge

Ähnliche Minerale: Phlogopit, Biotit, Paragonit, Talk

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. verhältnismäßig schwer schmelzbar

Feldspat, Quarz, Biotit

Abb. Seite 154

140 Chlorit Mg-Fe-Silikat monoklin $H = 2 - 2\frac{1}{2}$
D = 2,5 - 2,96

Abarten nach steigendem Fe- und fallendem Mg-Gehalt:

Pennin

Klinochlor

Prochlorit

FARBE: flaschengrün bis grünlichschwarz, seltener rosa, violett oder silberweiß

STRICH: grünlichweiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz, auf Spaltflächen Perlmutterglanz/in dünnen Blättchen durchsichtig, sonst durchscheinend

Kristallausbildung: tafelig, säulig, tonnenförmig, meist sechsseitige Umrisse



Aggregatform: blätterig, schuppig, kurzfasrig, erdig, dicht, derb, plattig, nierig, pulverig, wurmförmig

Spaltbarkeit/Bruch: sehr vollkommen (dünne Blättchen)

Bildungsweise und Vorkommen: metamorph, hydrothermal, sedimentär
Chloritschiefer, auf Klüften, Verwitterung

Nahetal; verbreitet in Sachsen; in den Vogesen; Penniner Alpen; St. Gotthard (Schweiz)

Ähnliche Minerale: Thuringit, Glaukonit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. unter Aufblättern zu gelblicher Perle schmelzend

Granat, Diopsid, Zirkon, Feldspat, Quarz, Titanit, Rutil

Abb. Seite 168

141 Thuringit komplexes Eisensilikat monoklin $H = 2 - 2\frac{1}{2}$
D = ca. 3,2

FARBE: olivgrün bis dunkelgrün

STRICH: graugrün

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: zuweilen Perlmutterglanz, matt

Kristallausbildung: XX unbekannt

Aggregatform: derb, feinschuppig, körnig, oolithisch

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen (Schuppen)

Bildungsweise und Vorkommen: sedimentär

Sedimentgesteine

Schmiedeberg bei Saalfeld; im Fichtelgebirge

Ähnliche Minerale: Chamosit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. zu schwarzer und magnetischer Perle schmelzend

Chamosit

142 Borax $\text{Na}_2[\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4] \cdot 8 \text{H}_2\text{O}$ monoklin $\text{H} = 2 - 2\frac{1}{2}$
(Tinkal) $\text{D} = 1,69 - 1,8$

FARBE: farblos, weißgrau, gelblich, bläulich oder grünlich getönt

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glas- oder Fettglanz/durchscheinend

Kristallausbildung: kurzsäulig, tafelig

Aggregatform: erdig, mehlig, derb, Krusten

Spaltbarkeit/Bruch: deutlich (Schuppen)/
muscheliger; mild

Bildungsweise und Vorkommen: sedimentär

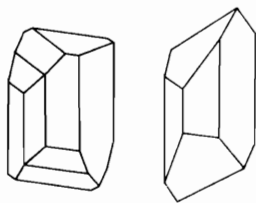
Sedimentgesteine

Tibet; Kalifornien; Nevada; Kertsch
(UdSSR); Peru; Iran; Mittelafraka

Ähnliche Minerale: Sassolin, Kernit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. unter Aufblähen leicht schmelzbar; Schmelzperle löst Metalloxide; Geschmack süßlich

Halit, Natrit



143 Sepiolith $\text{Mg}_4[(\text{OH})_2/\text{Si}_6\text{O}_{15}] \cdot 2 \text{H}_2\text{O} + 4 \text{H}_2\text{O}$ rhombisch $\text{H} = 2 - 2\frac{1}{2}$
(Meerschäum) $\text{D} = 2$

FARBE: reinweiß oder gelblich, grau, rötlich

STRICH: weiß glänzend

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Mattglanz/undurchsichtig

Kristallausbildung: feinstkristallin

Aggregatform: dicht, knollig, erdig, derb

Spaltbarkeit/Bruch: flachmuscheliger

Bildungsweise und Vorkommen: sedimentär

Verwitterungsprodukt des Serpentin

Hrubšice (Hrubšitz) in Mähren; Griechenland; Spanien

Ähnliche Minerale: –

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. schrumpfend und erhärtend; im Kölbchen unter Wasserabgabe schwarz werdend; durch Salzsäure zersetzbar; klebt an der Zunge; schwimmt wegen hoher Porosität auf Wasser
Chalcedon, Opal, Chlorit, Magnesit

144 Epsomit $\text{Mg}[\text{SO}_4] \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ rhombisch $\text{H} = 2 - 2\frac{1}{2}$
(Bittersalz) $\text{D} = 1,7 - 1,75$

FARBE: farblos, weiß

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz/durchsichtig

Kristallausbildung: haarig, nadelig, säulig

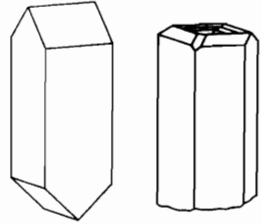
Aggregatform: körnig, faserig, erdig;
radialstrahlig, stalaktitisch, krustig

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen bis deutlich/
muscheliger; spröde

Bildungsweise und Vorkommen: sedimentär
Sedimentgesteine
Kalisalzlagerstätten

Ähnliche Minerale: Kieserit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: starke Wasserabgabe im Kölbchen, leicht
und schnell im Wasser löslich



145 Palygorskit $(\text{Mg}, \text{Al})_2[\text{OH}/\text{Si}_4\text{O}_{10}] \cdot 2 \text{H}_2\text{O} + 4 \text{H}_2\text{O}$
monoklin $\text{H} = 2 - 2\frac{1}{2}$
 $\text{D} = 2,1 - 2,3$

FARBE: weiß, gelblich, grau, bräunlich

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Seiden- oder Mattglanz/undurchsichtig

Kristallausbildung: –

Aggregatform: verfilzt, gewebeartig

Spaltbarkeit/Bruch: in dünnen Lagen biegsam

Bildungsweise und Vorkommen: sedimentär
Verwitterungsprodukt

Ähnliche Minerale: Sepiolith

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. zu blasigem, milchigem Glas
schmelzend; wird in kochender Schwefelsäure zersetzt; im Kölbchen
Wasserabgabe
Kieserit

146 Mellit $\text{Al}_2[\text{C}_{12}\text{O}_{12}] \cdot 18 \text{H}_2\text{O}$ tetragonal $\text{H} = 2 - 2\frac{1}{2}$
(Honigstein) $\text{D} = 1,6$

FARBE: gelb, braun, weiß

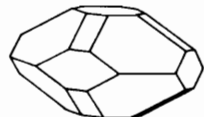
STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: fettiger Glasglanz/durchscheinend

Kristallausbildung: pyramidenförmig,
XX ein- und aufgewachsen

Aggregatform: körnig, derb

Spaltbarkeit/Bruch: undeutlich/muschelig;
spröde bis mild



Bildungsweise und Vorkommen: diagenetisch

Sedimentgesteine, Kohle

Artern in Thüringen; Lužice (Luschitz) in Böhmen

Ähnliche Minerale: Bernstein

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. verkohlend; reines Al_2O_3 als Rückstand; in Salpetersäure und Kalilauge löslich

147 Hydrozinkit $\text{Zn}_5[(\text{OH})_3/\text{CO}_3]_2$ monoklin $H = 2 - 2\frac{1}{2}$
(Zinkblüte) $D = 3,2 - 3,8$

FARBE: schneeweiß, blaßgelb, auch bräunlich, blaßviolett oder rosa

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: XX seidig glänzend, dichte Massen matt/undurchsichtig

Kristallausbildung: sehr klein, tafelig

Aggregatform: derb, nierig, schalig, stalaktitisch, erdig

Spaltbarkeit/Bruch: spröde

Bildungsweise und Vorkommen: hydrothermal

Erzgänge

Alpen (Raibl, Bleiberg), Nordspanien (Dolores-Grube)

Ähnliche Minerale: Smithsonit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. unschmelzbar, auf Kohle Zinkbeschlag

Smithsonit, Sphalerit, Calcit

148 Bauxit = Gemisch aus Diaspor $\alpha\text{-AlOOH}$ $H = 1 - 3$
Böhmit $\gamma\text{-AlOOH}$ $D = 2,0 - 2,5$
Gibbsit $\text{Al}(\text{OH})_3$
Kliachit $\text{AlOOH} + \text{aqua}$

FARBE: weiß bis dunkelrotbraun

STRICH: weiß bis dunkelrotbraun

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: matt/undurchsichtig

Kristallausbildung: –

Aggregatform: dicht, erdig, derb, feinkörnig, locker, nierig, oolithisch

Spaltbarkeit/Bruch: muschelrig brechend, erdig

Bildungsweise und Vorkommen: sedimentär

Verwitterungsbildung

VR Ungarn; Frankreich; Westerwald; Gießen (BRD)

Ähnliche Minerale: –

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. unschmelzbar; mit Kobaltnitratlösung gegläut Blaufärbung

Abb. Seite 156

149 Phlogopit $\text{KMg}_3[(\text{F}, \text{OH})_2/\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$ monoklin $H = 2 - 3$
 $D = 2,7 - 2,9$

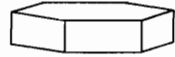
FARBE: hell gelblich- bis rötlichbraun, auch farblos, silbrig, grünlich, dicke Tafeln dunkelbraun

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz, Spaltflächen Perlmutterglanz/durchscheinend bis undurchsichtig

Kristallausbildung: tafelig, sechsseitig

Aggregatform: mitunter großblättrig, schuppig, auch derb



Spaltbarkeit/Bruch: höchst vollkommen (dünne Blättchen) spaltbar

Bildungsweise und Vorkommen: pneumatolytisch, pegmatitisch, metamorph, kontaktmetasomatisch

Pegmatite, kristalline Schiefer, körnige Kalke und Dolomite
Campolongo im Tessin; Fassatal; Baikalsee (UdSSR)

Ähnliche Minerale: Muskovit, Biotit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. zu Glas schmelzend; Fluorreaktion

Apatit, Diopsid, Pargasit

150 Lepidolith Lithiumsilikat
(Lithiumglimmer)

monoklin

H = 2 – 3

D = 2,8 – 2,9

FARBE: weiß, rosa, blaßviolett, pfirsichblütenrot

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz, auf Spaltflächen Perlmutterglanz und Silberglanz/durchsichtig bis durchscheinend

Kristallausbildung: tafelig, schuppig; selten XX

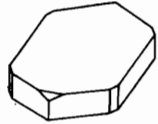
Aggregatform: schuppig, derb, blättrig

Spaltbarkeit/Bruch: höchst vollkommen (Blättchen)

Bildungsweise und Vorkommen: magmatisch, pegmatitisch

Granite, Pegmatite

Penig in Sachsen; Rožná in Mähren; Alabaschka, Ural (UdSSR)



Ähnliche Minerale: Zinnwaldit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. leicht zu weißer Perle schmelzend; rote Flammenfarbe

Turmalin, Topas, Spodumen, Beryll, Amblygonit

151 Zinnwaldit $\text{KLiFeAl}[(\text{F}, \text{OH})_2/\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$

monoklin

H = 2 – 3

1,5% Rb_2O , 1,6% Li

D = 2,9 – 3,2

FARBE: grau, braun, seltener dunkelgrün bis fast schwarz, gelblich

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz, Spaltflächen Perlmutterglanz/durchsichtig bis durchscheinend

Kristallausbildung: tafelig, blättrig, sechsseitig

Aggregatform: fächerförmig, wirrblättrig, derb, faßförmig

Spaltbarkeit/Bruch: höchst vollkommen spaltbar (sehr dünne Blättchen)

Bildungsweise und Vorkommen: pneumatolytisch
in zinnsteinführenden Graniten, in deren Drusen und auf deren Klüften
Zinnwald im Erzgebirge; Cornwall (England)

Ähnliche Minerale: Lepidolith

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. leicht schmelzend; rote Flammen-
farbe; wird durch Säuren angegriffen
Cassiterit, Wolframit, Scheelit, Fluorit, Quarz, Topas

Abb. Seite 156

152 Chrysotil $\text{Mg}_6[(\text{OH})_8/\text{Si}_4\text{O}_{10}]$ monoklin $H = 2 - 3$
(Faserserpentin) $D = 2,5 - 2,6$

FARBE: grünlichgelb mit Goldtönung, weiß, braun

STRICH: grünlichweiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Seidenglanz/durchscheinend bis durchsichtig

Kristallausbildung: ohne Kristallflächen

Aggregatform: parallel- und wirrfaserig, haarig, aderförmig

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen/muschelig, splitterig

Bildungsweise und Vorkommen: hydrothermal
auf Klüften, in Adern ultrabasischer Gesteine
Zöblitz in Sachsen; Nová Ves (ČSSR); Balangero bei Turin (Italien);
Kanada

Ähnliche Minerale: Antigorit, mitunter Grammatit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. nur in feinsten Splittern schwer
schmelzbar; im Kölbchen Wasserabgabe; durch Salzsäure zersetzbar
Granat, Chromit, ged. Platin, Garnierit, Magnesit, Talk, Opal

Abb. Seite 156

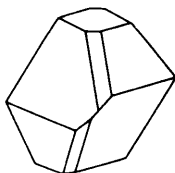
153 Thenardit $\text{Na}_2[\text{SO}_4]$ rhombisch $H = 2 - 3$
 $D = 2,7$

FARBE: farblos, weiß, rötlich getönt

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz/durchsichtig

Kristallausbildung: quaderförmig, tafelig, auch in Doppelpyramiden



Aggregatform: erdig, pulverig, Ausblühungen,
Krusten, Drusen

Spaltbarkeit/Bruch: sehr vollkommen bzw. gut senkrecht und parallel zur Längsrichtung/uneben; mild bis spröde

Bildungsweise und Vorkommen: sedimentär, hydrothermal, exhalativ

Sedimentgesteine

Sibirien; Chile; Peru; Arizona

Ähnliche Minerale: Mirabilit, Glauberit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. schmelzbar; gelbe Flammenfarbe; in Wasser leicht löslich

Glauberit, Halit, Nitronatrit, Ulexit

154 Valentinit
(Antimonblüte)

Sb_2O_3
83 % Sb

rhombisch

H = 2 – 3
D = 5,6 – 5,8

FARBE: farblos, weiß, asch- und gelblichgrau, gelbbraun

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Diamantglanz/halbdurchsichtig bis durchscheinend

Kristallausbildung: säulig, tafelig, schuppig, nadelig, flächenreich

Aggregatform: kurzstrahlig, körnig, fächerförmig derb

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen spaltbar/spröde

Bildungsweise und Vorkommen: sedimentär

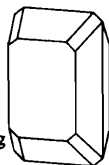
Verwitterungszone von Erzgängen

Wolfsberg im Harz; Horhausen (BRD); Bräunsdorf bei Freiberg

Ähnliche Minerale: Cerussit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. Antimonreaktion; sublimiert vollständig

Antimonit



155 Chrysokoll $\text{Cu}_4\text{H}_4[(\text{OH})_8/\text{Si}_4\text{O}_{10}]$ (gelförmig)

H = 2 – 4
D = 2,0 – 2,3

FARBE: smaragdgrün, bläulichgrün, blau, braun, schwarz

STRICH: grünlichweiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glas-, Wachsglanz/halbdurchsichtig

Kristallausbildung: amorph

Aggregatform: nierig, traubig, stalaktitisch, krustig, erdig, derb, dicht

Spaltbarkeit/Bruch: muschelrig brechend; spröde bis mild

Bildungsweise und Vorkommen: sedimentär

Verwitterungszone von Erzgängen

Halsbach in Baden; Lauterberg im Harz; Saalfeld in Thüringen

Ähnliche Minerale: Aurichalcit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. mit Soda metallisches Korn, im Kölbchen Wasserabgabe, in Salzsäure unter SiO_2 -Abscheidung löslich

Malachit, Azurit, Cuprit, Dioptas, Limonit, Chalkopyrit, ged. Kupfer, Cerussit

Abb. Seite 138

156 Paragonit $\text{NaAl}_2[(\text{OH}, \text{F})_2/\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$ **monoklin** $\text{H} = 2\frac{1}{2}$
(Natronglimmer) $\text{D} = 2,8 - 2,9$

FARBE: weiß, grün, grau, bläulich, gelblich

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Perlmuttglanz, schimmernder seidenartiger Glanz/
durchsichtig bis durchscheinend

Kristallausbildung: Kristalle äußerst klein

Aggregatform: feinschuppig, dicht

Spaltbarkeit/Bruch: höchst vollkommen spaltbar
(feinste Schüppchen)

Bildungsweise und Vorkommen: metamorph

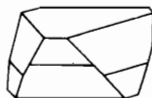
Glimmerschiefer

Monte Campione in den italienischen Alpen

Ähnliche Minerale: Muskovit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. fast unschmelzbar, oft aufblät-
ternd; in Säuren unlöslich

Disthen, Staurolith, Grammatit



157 Brucit $\text{Mg}(\text{OH})_2$ **trigonal** $\text{H} = 2\frac{1}{2}$
 $\text{D} = 2,3 - 2,4$

FARBE: weiß, mitunter grünlich oder farblos

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: im Bruch Glasglanz, auf Spaltflächen Perlmuttglanz/
durchsichtig bis durchscheinend

Kristallausbildung: tafelig, selten nadelig, spitz-pyramidenförmig

Aggregatform: derb, blätterig, schuppig, auch feinfaserig, plattig

Spaltbarkeit/Bruch: sehr vollkommen spaltbar; mild, fettig anzufühlen

Bildungsweise und Vorkommen: kontaktmetamorph, metamorph

kontaktmetamorphe Absatzgesteine (Kalke), auf Klüften in metamor-
phen Gesteinen

(Serpentinit, Chloritschiefer)

Predazzo

Ähnliche Minerale: Talk, Gips, Alunit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. unschmelzbar; gibt im Kölbchen
Wasser ab; in Säuren löslich

Serpentin, Chlorit, Calcit, Dolomit

158 Chalkanthit $\text{Cu}[\text{SO}_4] \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ **triklin** $\text{H} = 2\frac{1}{2}$
 $25,5\% \text{ Cu}$ $\text{D} = 2,1 - 2,3$

FARBE: blau, manchmal grünlich getönt

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz/durchscheinend

Kristallausbildung: tafelig, schuppig

Aggregatform: dicht, stengelig, körnig, faserig, nierig, krustig, stalaktitisch; Ausblühungen

Spaltbarkeit/Bruch: unvollkommen/muschelig; mild bis spröde

Bildungsweise und Vorkommen: sedimentär

Verwitterungsbereich von Erzgängen

Rammelsberg im Harz; Halsbrücke bei Freiberg

Ähnliche Minerale: –

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. mit Soda Kupferflitter; Wasserabgabe im Kölbchen (Entfärbung); leicht in Wasser löslich
Chalkopyrit, Pyrit, Melanterit

159 Whewellit $\text{Ca}[\text{C}_2\text{O}_4] \cdot \text{H}_2\text{O}$

monoklin

H = $2\frac{1}{2}$

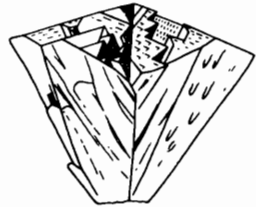
D = 2,23

FARBE: farblos, weiß

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glas-, Perlmuttglanz

Kristallausbildung: tafelig, säulig; flächenreiche XX



Aggregatform: radialfaserig

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen/muschelig

Bildungsweise und Vorkommen: diagenetisch

Sedimentgesteine (Nähe von Kohle und Bitumen)

Burgk bei Dresden; Zwickau; Most (ČSSR); Majkop (UdSSR)

Ähnliche Minerale: –

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. zu CaO verglühend; in Säuren löslich, in Wasser unlöslich
Calcit, Ankerit, Siderit, Baryt, Pyrrhotin, Markasit

160 Kernit $\text{Na}_2[\text{B}_4\text{O}_6(\text{OH})_2] \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$
(Rasorit)

monoklin

H = $2\frac{1}{2}$

D = 1,91

FARBE: farblos, weiß

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz/oft wasserklar durchsichtig

Kristallausbildung: säulig, riesige XX, gestreift, keilförmig

Aggregatform: grobkristallin, spätig, asbestfaserig

Spaltbarkeit/Bruch: sehr vollkommen (Blättchen)/spröde

Bildungsweise und Vorkommen: metamorph

metamorphe Gesteine (spezieller Fall)

Kalifornien; Peru; Tibet; Iran; Toskana (Italien)

Ähnliche Minerale: Sassolin, Borax

Weitere Merkmale und Begleitminerale: Wasserabgabe im Kölbchen; gelbe Flammenfarbe
Borax, Ulexit

161 Biotit $K(Mg, Fe, Mn)_3[(OH, F)_2/AlSi_3O_{10}]$

monoklin $H = 2\frac{1}{2} - 3$
 $D = 3,02 - 3,12$

FARBE: schwarz, dunkelbraun, dunkelgrün, bisweilen mit orangefarbener, rötlicher und anderer Tönung

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz, auf Spaltflächen Perlmutterglanz/undurchsichtig bis durchscheinend

Kristallausbildung: tafelig, säulig, sechsseitiger Querschnitt



Aggregatform: schuppig, blätterig, selten derb

Spaltbarkeit/Bruch: höchst vollkommen spaltbar (sehr dünne Blättchen)

Bildungsweise und Vorkommen: magmatisch, pegmatitisch, metamorph
Bestandteil fast aller Erstarrungsgesteine, Gneis, Glimmerschiefer, große Platten in Pegmatiten
Kristalle vom Laacher See, von der Somma, aus dem Albanergebirge

Ähnliche Minerale: gelegentlich Muskovit, Phlogopit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. zu schwarzem Glase schmelzend;
von heißer konzentrierter Schwefelsäure zersetzbar
Feldspat, Quarz, Hornblende

Abb. Seite 156

162 Anglesit

$Pb[SO_4]$
68% Pb

rhombisch $H = 2\frac{1}{2} - 3$
 $D = 6,1 - 6,4$

FARBE: farblos, weiß und verschieden gefärbt, auf XX-Flächen schwärzlicher Belag

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Diamantglanz/durchsichtig bis durchscheinend

Kristallausbildung: säulig, nadelig, dünn- und dicktafelig, pyramidenförmig



Aggregatform: derb, körnig, nierig, stalaktitisch; Aggregate selte

Spaltbarkeit/Bruch: deutlich nach verschiedenen Richtungen
(Quader)/muschelrig; sehr spröde

Bildungsweise und Vorkommen: hydrothermal

Erzgänge (Verwitterungsbereich)

Wissen a. d. Sieg; Bleialf, Badenweiler und Schapbach in Baden (BRD)

Schwarzenbach in Kärnten; Stolberg (Harz)

Ähnliche Minerale: Cerussit, Baryt, Scheelit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. leicht zu (heiß) klarer bzw. (kalt) weißer Perle schmelzbar; auf Kohle Reduktion zu Pb-Kugel; in Kalilauge löslich

Galenit, Cerussit, Limonit

Abb. Seite 156

163 Kryolith

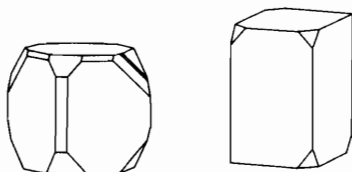
Na_3AlF_6 monoklin $H = 2\frac{1}{2} - 3$
 $> 560^\circ\text{C}$ kubisch $D = 2,95$

FARBE: farblos, häufig grauweiß, gelblich oder rötlich, selten schwarz

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: eigentümlich feuchter Glasglanz, auch Perlmuttglanz/durchscheinend

Kristallausbildung: würfelig, kurzsäulig, kurzadelig; XX selten



Aggregatform: derb, spätig, grobkörnig, dicht, schalig

Spaltbarkeit/Bruch: gut (Würfel)/uneben; spröde

Bildungsweise und Vorkommen: in Pegmatiten

Ivigut auf Grönland

Ähnliche Minerale: Anhydrit, Baryt

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. äußerst leicht schmelzbar; im offenen Röhrchen entweicht beim Glühen Flußsäure; in konzentrierter Schwefelsäure vollständig löslich

Quarz, Siderit, Galenit, Pyrit, Chalkopyrit, Sphalerit, Fluorit, Arsenopyrit

Abb. Seite 156

164 Phosgenit (Bleihornerz)

$\text{Pb}_2[\text{Cl}_2/\text{CO}_3]$

tetragonal

$H = 2\frac{1}{2} - 3$
 $D = 6,1$

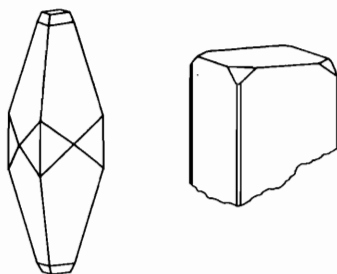
FARBE: weiß, grau, gelb, braun, grünlich

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: fettiger Diamantglanz/durchsichtig bis durchscheinend

Kristallausbildung: säulig, tafelig, seltener Doppelpyramiden (quadratisch); XX meist aufgewachsen

Aggregatform: derb, körnig



Spaltbarkeit/Bruch: deutlich senkrecht und parallel zur Längserstreckung/muschelig; spröde bis mild

Bildungsweise und Vorkommen: hydrothermal

Erzgänge (Verwitterungsbereich)

große XX von Monte Ponì, Sardinien; Grube Christian Levin bei Essen

Ähnliche Minerale: –

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. leicht schmelzbar; Pb- und Cl-reaktion; in Salpetersäure unter Aufbrausen löslich
Galenit, Cerussit

165 Glauberit $\text{CaNa}_2[\text{SO}_4]_2$

monoklin

H = $2\frac{1}{2}$ – 3

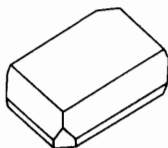
D = 2,7 – 2,8

FARBE: meist weiß, grau, gelb, fleisch- bis ziegelrot, auch farblos

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glas-, Fett-, Perlmuttglanz/durchsichtig bis durchscheinend

Kristallausbildung: dicktafelig, säulig, eingewachsene XX



Aggregatform: körnig, erdig, dicht, blättrig, nierig, lagenförmig; Drusen

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen parallel zur Endbegrenzung/muschelig; spröde

Bildungsweise und Vorkommen: sedimentär, hydrothermal

Absatzgesteine (vor allem Salzgesteine), in Blasenräumen dunkler Ergußgesteine, Fumarolenabsatz (= aus vulkanischen Dämpfen und Lösungen abgesetzt)

Hallein, Bad Ischl, Hallstadt; Vulcano; Liparische Inseln

Ähnliche Minerale: Mirabilit, Thenardit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. zerknisternd; leicht schmelzbar
gelbe Flammenfarbe; im Wasser unter Gipsabscheidung löslich
Halit, Nitronatrium

166 Antigorit $\text{Mg}_6[(\text{OH})_8/\text{Si}_4\text{O}_{10}]$ monoklin $\text{H} = 2\frac{1}{2} - 3\frac{1}{2}$
(Blätterserpentin) $\text{D} = 2,5 - 2,7$

FARBE: grün, schwarz, bräunlich, grau, bläulich

STRICH: grünlichweiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glas-, Fettglanz/durchsichtig bis durchscheinend

Kristallausbildung: tonnenförmig, säulig; XX selten deutlich

Aggregatform: blättrig, schuppig, pulverig, dicht; in Adern

Spaltbarkeit/Bruch: sehr vollkommen (unelastisch biegsame Blättchen)/mild

Bildungsweise und Vorkommen: sedimentär

Verwitterungsprodukt

Antigoritall; Sprechenstein in den italienischen Alpen

Ähnliche Minerale: Chrysotil, Talk

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. schwer schmelzbar; gibt im Kölbchen Wasser ab; wird durch konzentrierte Schwefelsäure zersetzt
Quarz, Feldspat, Titanit

167 Bismutit $\text{Bi}_2[\text{O}_2/\text{CO}_3]$ tetragonal $\text{H} = 2\frac{1}{2} - 3\frac{1}{2}$
(Wismutocker) $\text{D} = 6,7 - 7,4$

FARBE: meist stroh- bis bräunlichgelb, auch blau

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Matt-, Seidenglanz/durchscheinend bis undurchsichtig

Kristallausbildung: kaum XX

Aggregatform: erdig, pulverig, feinfaserig, derb, krummschalig; Ausblühungen, Überzüge

Spaltbarkeit/Bruch: muschelig brechend, uneben

Bildungsweise und Vorkommen: sedimentär

Verwitterungsbereich von Erzgängen

Schneeberg, Johanngeorgenstadt im Erzgebirge

Ähnliche Minerale: –

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. Bi-Reaktion mit Kaliumjodid und Schwefel
Bismuthinit, Eulytin, Wolframit

168 Calcit CaCO_3 trigonal $\text{H} = 3$
(Kalkspat) $\text{D} = 2,6 - 2,8$

FARBE: farblos, weiß; auch in verschiedenen anderen Farben

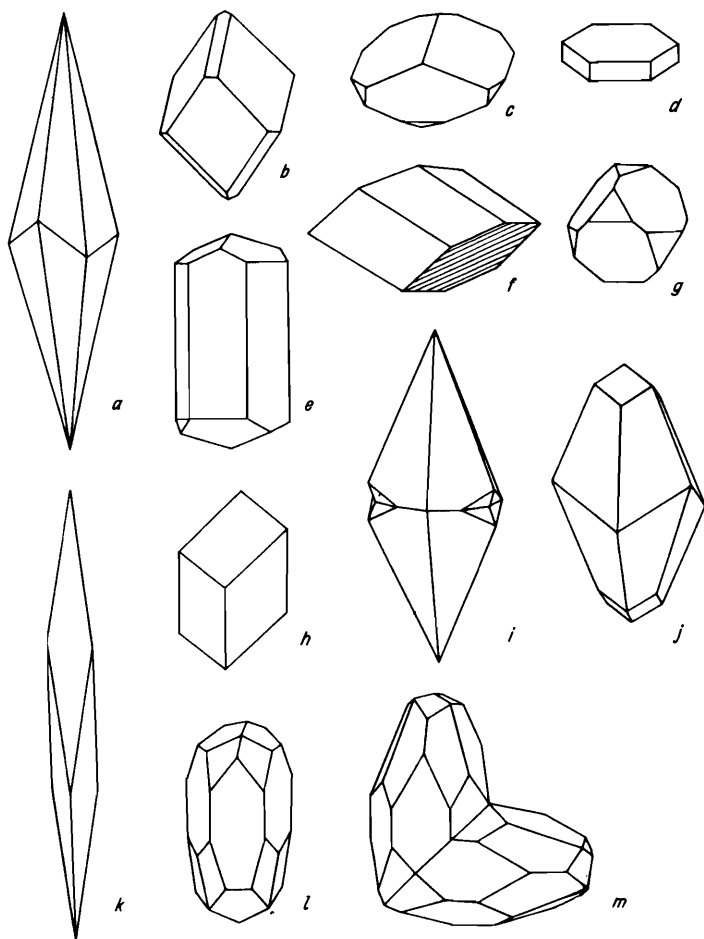
STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz/durchsichtig bis undurchsichtig

Kristallausbildung: formenreichstes Mineral, XX stets aufgewachsen, sehr flächenreich

Aggregatform: spätig, körnig, stengelig, dicht bis erdig, kugelig und stalaktitisch

Spaltbarkeit/Bruch: sehr vollkommen in drei Ebenen/muschelig, selten wahrnehmbar; spröde



Calcit

Bildungsweise und Vorkommen: vorwiegend hydrothermal magmatische, metamorphe und sedimentäre Gesteine
Erzgänge

Harz (St. Andreasberg, Iberg), Erzgebirge (Freiberg, Bräunsdorf, Schneeberg), ČSSR (Příbram, Banská Štiavnica (Schemnitz); England, Island; Joplin (USA)

Ähnliche Minerale: farblose Karbonate

Weitere Merkmale und Begleitminerale: lebhaftes Aufbrausen in verdünnter Salzsäure; starkes Leuchten beim Glühen auf Kohle
oft am Flächenreichtum der XX erkennbar; verbreitete Gangart

Abb. Seite 157

GRUPPE III · Nichtmetallisch/weich

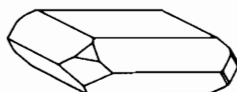
169 Kainit $\text{KMg}[\text{Cl}/\text{SO}_4] \cdot 2\frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$ monoklin $\text{H} = 3$
15,7% K $\text{D} = 2,1$

FARBE: weiß, gelblich, grau, rot

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz/durchscheinend

Kristallausbildung: XX selten; tafelig, pyramidenförmig



Aggregatform: feinkörnig, zuckerkörnig, dicht, splitterig, derb

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen spaltbar (Blättchen)

Bildungsweise und Vorkommen: sedimentär

Sedimentgesteine

Salzlagerstätten

Ähnliche Minerale: Bischofit, Carnallit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: in Wasser leicht löslich

Carnallit, Sylvit, Halit, Anhydrit

170 Astrakanit $\text{Na}_2\text{Mg}[\text{SO}_4]_2 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$ monoklin $\text{H} = 3$
(Blödit) $\text{D} = 2,2$

FARBE: farblos, weiß, hellgrau, gelblich, rötlich, bläulichgrün

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz/durchsichtig bis undurchsichtig

Kristallausbildung: flächenreiche XX

Aggregatform: körnige bis dichte Aggregate

Spaltbarkeit/Bruch: -/-

Bildungsweise und Vorkommen: sedimentär

Absatzgesteine, Salzlagerstätten

Staßfurt; Bad Ischl und Hallstatt; Wolgamündung (UdSSR); Soda Lake (USA); Chile

Ähnliche Minerale: -

Weitere Merkmale und Begleitminerale: leicht wasserlöslich

Kainit und andere Salzminerale

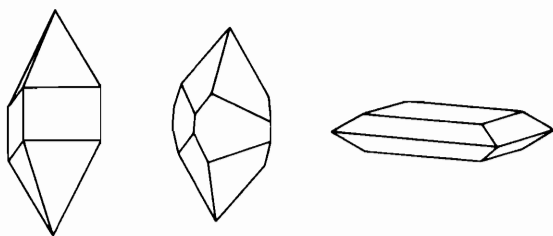
171 Wulfenit $\text{Pb}[\text{MoO}_4]$ tetragonal $\text{H} = 3$
(Gelbbleierz) 26% Mo $\text{D} = 6,7 - 6,9$

FARBE: wachs-, honig- oder zitronengelb, grau, braun, rot, selten farblos

STRICH: gelblichweiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Diamantglanz bis Harzglanz/durchsichtig bis durchscheinend

Kristallausbildung: tafelig, würfelig, pyramidenförmig, XX aufgewachsen, in Drusen



Aggregatform: körnig, derb, wirr, zellig

Spaltbarkeit/Bruch: deutlich (Oktaeder)/muscheliger bis uneben; spröde bis mild

Bildungsweise und Vorkommen: sedimentär

Verwitterungsbereich von Erzgängen

Bleiberg und Schwarzenbach in Kärnten; Příbram; Mežica (Jugoslawien),

Baita (Rumänien); Los Lamentos (Mexiko)

Ähnliche Minerale: –

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. unter Zerknistern leicht schmelzbar; auf Kohle Bleikorn; wird in Säuren zersetzt; Blaufärbung von Schwefelsäure

Calcit, Dolomit, Siderit, Smithsonit, Sphalerit, Galenit

Abb. Seite 158

172 Vanadinit $Pb_5[Cl/(VO_4)_3]$
(Vanadinbleierz) 11% V

hexagonal

H = 3

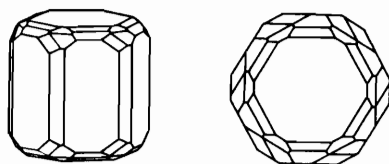
D = 6,8 – 7,1

FARBE: gelb, braun, rot, oft orange

STRICH: weiß, gelblich

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Diamantglanz und Fettglanz/durchscheinend undurchsichtig

Kristallausbildung: säulig (sechsseitig), tonnenförmig, spitz-pyramidenförmig



Aggregatform: dünnstengelig, faserig, kleinnierig, traubig, derb

Spaltbarkeit/Bruch: muscheliger; spröde

Bildungsweise und Vorkommen: sedimentär

Verwitterungszone von Erzgängen

Obir in Kärnten; Beresowsk (Ural); Mexiko; Algerien; Marokko; Argentinien;

Australien

Ähnliche Minerale: Pyromorphit, Mimetesit, Descloizit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. leicht schmelzbar; zerknistert beim Erhitzen; gibt im Kölbchen feines, weißes Sublimat

Wulfenit, Galenit, Pyromorphit

Abb. Seite 158

173 Allophanit Aluminiumsilikat mit Al : Si ca. 1 : 1

amorph

H = ca. 3

D = 1,9

FARBE: farblos, weiß, auch verschiedenfarbig

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glas-, Fettglanz/durchsichtig bis durchscheinend

Kristallausbildung: keine XX

Aggregatform: nierig, traubig, stalaktitisch, derb, dicht

Spaltbarkeit/Bruch: muschelig bis uneben; fettig anzufühlen

Bildungsweise und Vorkommen: sedimentär

Verwitterungsbildung

Gräfenthal bei Saalfeld; Großarl in Salzburg

Ähnliche Minerale: –

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. unschmelzbar; wird von Säuren zersetzt

Tonminerale

174 Baryt
(Schwerspat)

Ba[SO₄]
58% Ba

rhombisch

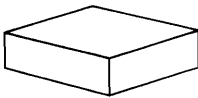
H = 3 – 3½

D = 4,3 – 4,7

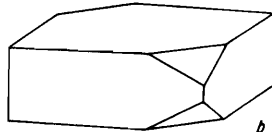
FARBE: weiß oder verschiedenfarbig, auch schwärzlich

STRICH: weiß

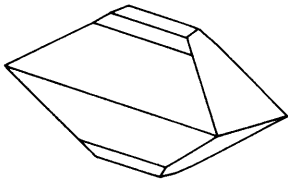
GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz und Perlmuttglanz (Spaltflächen/klar durchsichtig bis durchscheinend)



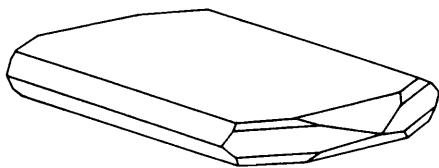
a



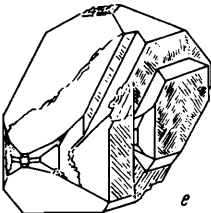
b



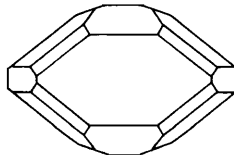
c



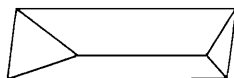
d



e



f



g

Kristallausbildung: dicktafelig, dünntafelig, säulig

Aggregatform: grobblättrig, körnig, spätig, faserig, dicht, schalig, nierig, knollig, fächer-, bündel-, rosettenartig

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen nach mehreren Richtungen (Quader)/muschelrig; spröde

Bildungsweise und Vorkommen: hydrothermal, sedimentär

Erzgänge, Absatzgesteine, selbständige Gänge

Harz; Erzgebirge; Thüringer Wald; Odenwald; Meggen an der Lenne

Ähnliche Minerale: Coelestin, Aragonit, Calcit, Amblygonit, Feldspat

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. zerknisternd, sehr schwer schmelzbar, gelbgrüne Flammenfarbe

Fluorit, Siderit, Galenit, Sphalerit, Argentit, Pyrargyrit, Proustite, Nickelin, Chloanthit, Chalkopyrit, Tetraedrit; Pyrolusit, Psilomelan, Braunit, Hausmannit, Hämatit, Limonit, Siderit

Abb. Seite 158

175 Cerussit
(Weißbleierz)

PbCO_3
77% Pb

rhombisch

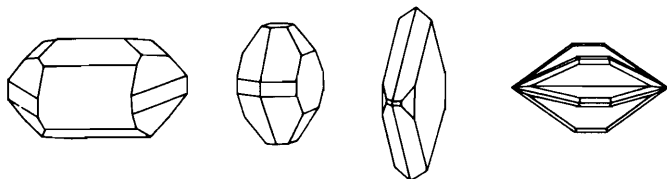
H = 3 – 3½
D = 6,4 – 6,6

FARBE: farblos, weiß, grau, braun, schwarz

STRICH: weiß, grau

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: fettiger Diamantglanz/durchsichtig bis durchscheinend

Kristallausbildung: tafelig, säulig, pyramidenartig, z. T. sechsseitig ausgebildet



Aggregatform: büschelig, garbenförmig, stengelig, körnig, dicht, derb, erdig

Spaltbarkeit/Bruch: deutlich nach zwei Richtungen/muschelig bis uneben; sehr spröde

Bildungsweise und Vorkommen: hydrothermal

Erzgänge (Verwitterungsbereich)

Oberharz; Siegen; Mechnich; ČSSR (Příbram, Stříbro = Mies)

Ähnliche Minerale: Scheelit, Coelestin, Baryt, Anglesit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: zerknisternd v. d. L.; auf Kohle Bleibesatz und Bleikorn; in Salpetersäure unter Brausen löslich; Niederschlag mit Schwefelsäure

Galenit, Pyromorphit, Anglesit, Malachit, Limonit, Chlorargyrit, Calcit, Quarz

Abb. Seite 158

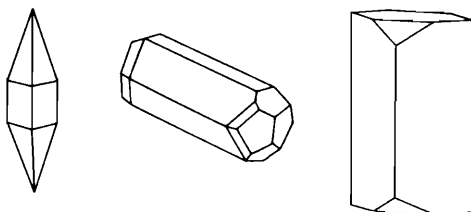
176 Coelestin $\text{Sr}[\text{SO}_4]$ rhombisch $H = 3 - 3\frac{1}{2}$
 $47,7\% \text{ Sr}$ $D = 3,9 - 4,0$

FARBE: farblos, weiß, gelblich, auch blau und blaugrau, selten rötlich oder grün

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz, Perlmuttglanz/wasserklar bis durchscheinend

Kristallausbildung: säulig, nadelig, tafelig, selten pyramidenartig



Aggregatform: stengelig, faserig, feinkörnig, dicht, plattig, knollig, derb, nierig, spätig

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen nach mehreren Richtungen (Quader)/muschelig; spröde

Bildungsweise und Vorkommen: hydrothermal

Erzgänge, in Hohlräumen von Erstarrungs- und Absatzgesteinen

Dornburg bei Jena; Rüdersdorf; Bristol (England); Agrigento (Sizilien)

Ähnliche Minerale: Baryt

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. stark zerknisternd; leicht schmelzbar; rote Flammenfarbe

Calcit, Aragonit, Schwefel; Pb-Erze, Cu-Erze

Abb. Seite 158

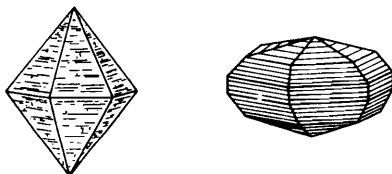
177 Witherit BaCO_3 rhombisch $H = 3 - 3\frac{1}{2}$
 $59\% \text{ Ba}$ $D = 4,2 - 4,3$

FARBE: farblos, weiß, grau, gelblich

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz, Fettglanz/durchscheinend

Kristallausbildung: sechsseitige Säulen und Pyramiden



Aggregatform: strahlig, derb, faserig, nierig, kugelig

Spaltbarkeit/Bruch: deutlich in Richtung der Säulen/uneben; spröde

Bildungsweise und Vorkommen: hydrothermal (pneumatolytisch),

Erzgänge, Verdrängungen

Nordwestengland (Settlingstone)

Ähnliche Minerale: Cerussit, Quarz

Weitere Merkmale und Begleitminerale: aus salzsaurer Lösung bei Zugabe von Schwefelsäure weißer Niederschlag; gelblichgrüne Flammenfarbe

Abb. Seite 159

178 Polyhalit $K_2Ca_2Mg[SO_4]_4 \cdot 2 H_2O$

triklin

H = 3 – 3½

D = 2,7 – 2,8

FARBE: weiß mit gelber oder grauer Tönung, oft ziegelrot

STRICH: weiß bis rötlichweiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Fettglanz/durchscheinend

Kristallausbildung: XX sehr klein, unter dem Mikroskop tafelig

Aggregatform: körnig, spätig, dicht, stengelig, faserig, derb

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen bis deutlich nach mehreren Richtungen (würfelähnlich)/spröde

Bildungsweise und Vorkommen: sedimentär

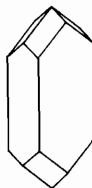
Sedimentgesteine

Bad Ischl; Vic in Lothringen; Salzlager (in großen Mengen in Kalisalzvorkommen), Hallstatt

Ähnliche Minerale: –

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. leicht schmelzbar; Wasserabgabe im Kölbchen; in Wasser unter Gipsabscheidung löslich
Halit, Anhydrit, Gips

Abb. Seite 159



179 Ascharit $Mg_2[B_2O_5] \cdot H_2O$

rhombisch

H = 3 – 3½

D = 2,65

FARBE: weiß

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz, lockere Massen Mattglanz

Kristallausbildung: keine XX

Aggregatform: feinseidig, faserig, kreideartig

Spaltbarkeit/Bruch: –

Bildungsweise und Vorkommen: sedimentär

Salzgesteine, Boratseen

Aschersleben, Staßfurt

Ähnliche Minerale: Sussexit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. leicht schmelzbar; unlöslich in Wasser
Borax, Halit, Carnallit

180 Pandermit $\text{Ca}_2[\text{B}_3\text{O}_6(\text{OH})_7]$ monoklin $H = 3 - 3\frac{1}{2}$
 (Priceit) $D = 2,43$

FARBE: schneeweiß, gelblich

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Bruchflächen mattglänzend

Kristallausbildung: keine XX

Aggregatform: dicht, feinkörnig, kreideartig; derb, plattig, knollig

Spaltbarkeit/Bruch: deutlich bis unvollkommen spaltbar

Bildungsweise und Vorkommen: sedimentär

Absatzgesteine

Panderma am Marmarameer (Türkei)

Ähnliche Minerale: Ulexit, Colemanit, Datolith

Weitere Merkmale und Begleitminerale: Wasserabgabe im Kölbchen; Borsäure-methylester; grüne Flammenfarbe
 Ton, Gips

181 Kieserit $\text{Mg}[\text{SO}_4] \cdot \text{H}_2\text{O}$ monoklin $H = 3\frac{1}{2}$
 14,6% Mg $D = 2,6$

FARBE: farblos, weiß, gelblich

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz/durchsichtig oder trübe

Kristallausbildung: XX selten, pyramidenförmig

Aggregatform: fein- bis grobkörnig eingesprengt

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen

Bildungsweise und Vorkommen: sedimentär

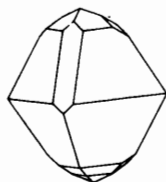
Salzgesteine

Hallstadt, Westeregeln, Wathlingen

und viele Salzlagerstätten

Ähnliche Minerale: Epsomit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. leicht schmelzbar; mit Kobalt-nitratlösung gegläut wird der Rückstand fleischrot; Wasserabgabe im Kölbchen; langsam, aber völlig in Wasser löslich
 Sylvit, Halit



182 Ankerit $\text{CaFe}(\text{CO}_3)_2$ trigonal $H = 3\frac{1}{2}$
 (Braunspat) $D = 2,9 - 3,8$

FARBE: gelblichweiß, grau und in verschiedenen Farbtönen

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz/durchsichtig bis durchscheinend

Kristallausbildung: flachgedrückte Würfel (in der Raumdiagonale gestaucht);
 Flächen oft gekrümmt

Aggregatform: körnig, sattelförmig, spätig bis dicht

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen (deformierte Würfel)/uneben; spröde

Bildungsweise und Vorkommen: hydrothermal

Erzgänge, metamorphe Gesteine

Freiberg; Kamsdorf (Thür.); Erzberg in Steiermark

Ähnliche Minerale: Siderit, Dolomit, Magnesit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. unschmelzbar; in heißer Salzsäure unter Aufbrausen löslich

Begleitminerale: Siderit, Galenit, Sphalerit, Quarz

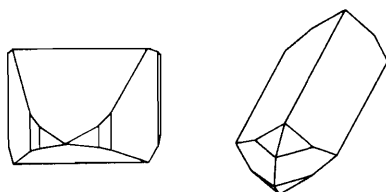
183 **Adamin** $\text{Zn}_2[\text{OH}/\text{AsO}_4]$ rhombisch $H = 3\frac{1}{2}$
D = 4,3 – 4,5

FARBE: gelb, grün, violett bis rosa

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz/durchscheinend

Kristallausbildung: säulig, nadelig, pyramidenartig; XX sehr klein



Aggregatform: strahlig, körnig, derb; Krusten, Drusen

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen (Blättchen)/spröde

Bildungsweise und Vorkommen: sedimentär

Verwitterungszone von Erzgängen

Ähnliche Minerale: –

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. leicht schmelzend; As-Geruch;

Zn-Beschlag; in Säuren löslich

Smithsonit, Azurit, Limonit, Quarz, Hemimorphit

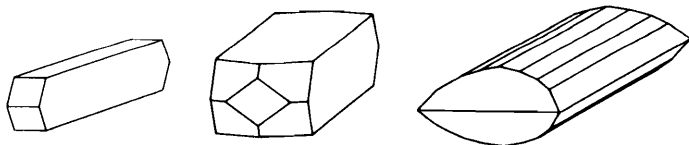
184 **Anhydrit** $\text{Ca}[\text{SO}_4]$ rhombisch $H = 3 - 4$
D = 2,8 – 3,0

FARBE: farblos oder weiß, mit blauer, grauer, rötlicher Tönung

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Perlmutt- oder Glasglanz/durchsichtig

Kristallausbildung: würfelig, tafelig, kurz säulig, dicknadelig



Aggregatform: körnig, stengelig, faserig, dicht, spätig

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen bis deutlich nach mehreren Richtungen (Quader)

Bildungsweise und Vorkommen: sedimentär, hydrothermal

Absatzgesteine, aus vulkanischen Dämpfen und Lösungen

Südharz; Hannover; Lauterberg u. Andreasberg (Harz); Staßfurt; Werra-
gebiet; Schwäbisch Hall

Ähnliche Minerale: Kryolith, Gips, Baryt, Calcit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. schwer schmelzbar

Gips, Halit, Dolomit, Boracit, Kieserit, Kainit, Polyhalit

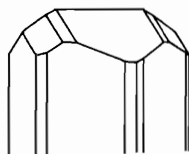
Abb. Seite 159

185 Wavellit $\text{Al}_3[(\text{OH})_3/(\text{PO}_4)_2] \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$
 rhombisch $\text{H} = 3 - 4$
 $\text{D} = 2,36$

FARBE: farblos; gewöhnlich grau, gelblich, grünlich

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz/durchscheinend



Kristallausbildung: nadelig; XX klein und selten

Aggregatform: radialstrahlig, büschelig, kugelig, warzig, nierig

Spaltbarkeit/Bruch: deutlich spaltbar

Bildungsweise und Vorkommen: sedimentär

Absatzgesteine, Umwandlungsgesteine (auf Klüften und Schichtfugen)

Langenstriegis (Sachsen); Ronneburg(Thür.); Altmannsgrün(Vogtl.), Dünsberg bei Gießen (BRD)

Ähnliche Minerale: Natrolith, Hydrargillit, Prehnit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: gibt im Kölbchen viel Wasser ab; in Salzsäure beim Erhitzen löslich; mit Kobaltnitratlösung geglüht Blaufärbung

Hämatit, Limonit, Pyrolusit

Abb. Seite 159

186 Dolomit $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ trigonal $\text{H} = 3\frac{1}{2} - 4$
 $\text{D} = 2,8 - 2,9$

FARBE: grauweiß, mit gelblichem, bräunlichem oder grünlichem Ton

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz/wasserhell bis durchscheinend

Kristallausbildung: stark nach der Raumdiagonale verzerrte Würfel

Aggregatform: sattelförmige Aggregate, grob- bis feinkörnig, spätig bis dicht zuckerkörnig, zellig, porig

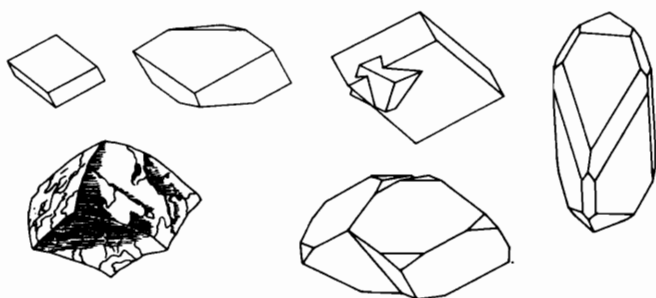
Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen nach drei Richtungen/splittrig bis muschelrig

Bildungsweise und Vorkommen: sedimentär, hydrothermal

sedimentäre u. metamorphe Gesteine, Erzgänge

Pfätsch in den italienischen Alpen (XX); gesteinsbildend

Ähnliche Minerale: Calcit, Magnesit, Chabasit, Ankerit, Siderit



Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. unschmelzbar; von warmer verdünnter Säure leicht angreifbar

Tremolit, Wollastonit, Bornit, Pyrit, Realgar; Galenit, Sphalerit, Pyrit, Calcit, Baryt, Gips, Anhydrit, Chlorit, Talk

Abb. Seite 159

187 Aragonit

CaCO_3

rhombisch

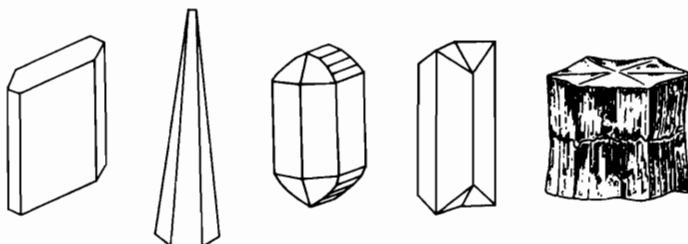
H = $3\frac{1}{2}$ – 4
D = 2,9 – 3

FARBE: weiß bis gelblichweiß, seltener hellgrün, violett, grau oder farblos

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz, Bruchflächen Fettglanz/durchsichtig bis durchscheinend

Kristallausbildung: dicktafelig, säulig (sechseckig), stengelig, spießig, nadelig; XX ein- und aufgewachsen



Aggregatform: radialstrahlig, stalaktitisch, korallenartig, konzentrisch-schalig, erdig

Spaltbarkeit/Bruch: undeutlich/muschelig bis uneben; spröde

Bildungsweise und Vorkommen: hydrothermal

magmatische, metamorphe und sedimentäre Gesteine

Blaue Kuppe bei Eschwege; Sasbach am Kaiserstuhl; Kamsdorf in Thüringen; Alpen (Erzberg, Hüttenberg); ČSSR: Karlovy Vary (Karlsbad), Hofenec (Horschenz)

Ähnliche Minerale: Calcit, Strontianit, Coelestin, Baryt, Natrolith, Topas

Weitere Merkmale und Begleitminerale: in kalter, verdünnter Säure heftiges Aufbrausen; Aragonitpulver färbt sich beim Kochen in Kobaltnitratlösung violett und läßt sich dadurch vom Calcit unterscheiden
Chabasit, Natrolith, Harmotom, Siderit, Limonit, Chalkopyrit, Dolomit

Abb. Seite 159

188 Pyromorphit $\text{Pb}_5[\text{Cl}/(\text{PO}_4)_3]$
(Braunbleierz) 76% Pb

hexagonal

H = $3\frac{1}{2}$ – 4
D = 6,7 – 7,0

FARBE: grün, braun, gelb, selten rot oder orangegelb

STRICH: weiß bis gelblichweiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Diamant- oder Fettglanz/durchscheinend

Kristallausbildung: säulig, nadelig, tonnenförmig, dicktafelig, pyramidenförmig;
XX aufgewachsen

Aggregatform: dicht, kurzstrahlig, traubig, nierig, erdig

Spaltbarkeit/Bruch: undeutlich/muschelig, uneben; spröde

Bildungsweise und Vorkommen: sedimentär

Verwitterungszone von Erzgängen

Johanngeorgenstadt, Freiberg; Clausthal, Ems;

Holzappel, Wissen an der Sieg; Horhausen,

Badenweiler und Hofgrund in Baden (BRD)

Ähnliche Minerale: Mimetesit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. leicht schmelzend; mit Soda Bleikorn; im Kölbchen weißes Bleichlorid-Sublimat; in Salpetersäure löslich
Galenit, Cerussit, Baryt, Quarz, Limonit

Abb. Seite 160

189 Strontianit

SrCO_3
59% Sr

rhombisch

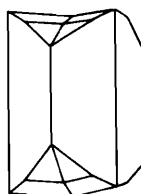
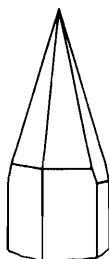
H = $3\frac{1}{2}$ – 4
D = 3,6 – 3,8

FARBE: farblos, weiß, grünlich, gelb, grau

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glas- bis Fettglanz (Bruch)/durchsichtig bis durchscheinend

Kristallausbildung: sechsseitige Säulen, zugespitzt, spießig, nadlig



Aggregatform: faserig-strahlig, dünnstengelig, derb, büschelig

Spaltbarkeit/Bruch: deutlich nach der Längserstreckung/muschelig; spröde

Bildungsweise und Vorkommen: hydrothermal

Erzgänge, selbständige Gänge, Kluftausfüllung

Harz (Clausthal, Grund); Münsterland (BRD)

Ähnliche Minerale: Aragonit, Calcit, Coelestin, Natrolith, Baryt

Weitere Merkmale und Begleitminerale: an den Kanten schmelzend; färbt die Flamme rot; in erwärmten Säuren leicht löslich; Niederschlag mit Schwefelsäure

Calcit, Baryt

Abb. Seite 155, 160

190 Desmin $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_7\text{O}_{18}] \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$

monoklin

H = $3\frac{1}{2}$ – 4

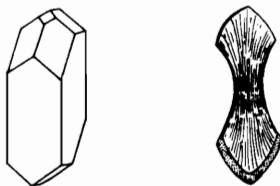
D = 2,1 – 2,2

FARBE: weiß mit gelblicher oder rötlicher Tönung

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz, auf Spaltflächen Perlmutterglanz/durchsichtig bis durchscheinend

Kristallausbildung: tafelig, säulig, selten Einzelkristalle, Durchkreuzungszwillinge



Aggregatform: garbenförmige Bündel, kugelig, strahlig

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen/uneben; spröde

Bildungsweise und Vorkommen: hydrothermal

in Hohlräumen und auf Klüften fast aller Gesteine anzutreffen; Erzgänge

St. Andreasberg im Harz; Fassatal in den Dolomiten; Kozákov (ČSSR);

Island; Kilpatrick (Schottland)

Ähnliche Minerale: Prehnit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. schmelzbar; im Kölbchen Wasserabgabe; durch Salzsäure zersetzbar

Heulandit, Chabasit, Thomsonit, Calcit, Quarz, Feldspat, Chlorit, Epidot, Fluorit

191 Heulandit $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_7\text{O}_{18}] \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ monoklin

H = $3\frac{1}{2}$ – 4

D = 2,2

FARBE: farblos oder weiß, gelb, ziegelrot

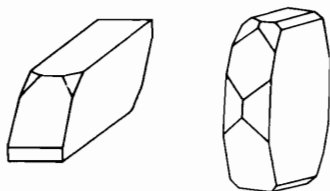
STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz, Spaltflächen Perlmutterglanz/durchsichtig bis durchscheinend

Kristallausbildung: tafelig, blätterig, schuppig, kurzsäulig

Aggregatform: fächerförmig, strahlig, spätig, derb

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen/uneben; spröde



Bildungsweise und Vorkommen: hydrothermal
auf Hohlräumen von basaltischen Gesteinen, auf Klüften und Erzgängen.
Oberstein an der Nahe; St. Andreasberg im Harz; Fassatal (Italien);
Kozákov (ČSSR); Island

Ähnliche Minerale: Feldspat, Desmin

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. unter starkem Aufblähen zu
weißem Glas schmelzend; im Kölbchen Wasserabgabe; in Salzsäure unter
 SiO_2 -Abscheidung löslich
Desmin, Chabasit, Calcit, Pektolith, Quarz

Abb. Seite 160

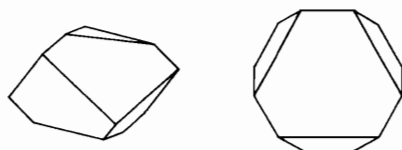
192 Alunit $\text{KAl}_3[(\text{OH})_6/(\text{SO}_4)_2]$ trigonal $H = 3\frac{1}{2} - 4$
 $D = 2,6 - 2,8$

FARBE: farblos, weiß mit rötlicher oder gelblicher Tönung

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz, Spaltflächen Perlmutterglanz/durchsichtig bis
durchscheinend

Kristallausbildung: tafelig, würfelförmlich, achtförmig (oktaederähnlich)



Aggregatform: feinkörnig, erdig, dicht, faserig, schmal- und breitstengelig, derb
knollig

Spaltbarkeit/Bruch: deutlich (Blättchen)/muscheliger; spröde

Bildungsweise und Vorkommen: sedimentär
saure Ergußgesteine (Verwitterungsbereich)
Toskana; Pará und Muszay in Ungarn

Ähnliche Minerale: Aluminit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. zerknisternd; färbt sich beim
Glühen mit CoNO_3 -Lösung blau; in Kalilauge löslich
Opal, Diaspor

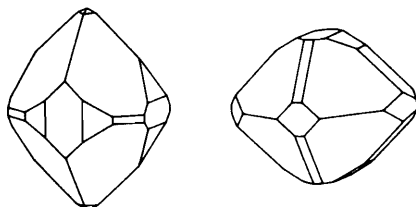
193 Skorodit $\text{Fe}[\text{AsO}_4] \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ rhombisch $H = 3\frac{1}{2} - 4$
 $D = 3,1 - 3,3$

FARBE: lauchgrün, schwarz- und blaugrün

STRICH: grünlichweiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz, Harzglanz/durchscheinend

Kristallausbildung: kurzsäulig, kurznadelig, tafelig, pyramidenähnlich; XX einzeln und in Drusen



Aggregatform: stengelig, faserig, feinkörnig, erdig, dicht, kugelig, nierig

Spaltbarkeit/Bruch: unvollkommen/uneben bis splitterig; spröde bis mild

Bildungsweise und Vorkommen: sedimentär

Verwitterungszone von Erzgängen

Schwarzenberg, Johanngeorgenstadt, Schneeberg im Erzgebirge

Ähnliche Minerale: –

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. leicht schmelzbar; magnetische Flitter; Arsengeruch; Wasserabgabe im Kölbchen (gleichzeitig Gelbfärbung)

Arsenopyrit, Pyrit, Limonit

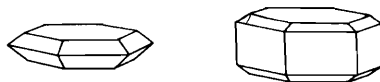
194 Mimetesit $\text{Pb}_5[\text{Cl}/(\text{AsO}_4)_3]$ hexagonal $H = 3\frac{1}{2} - 4$
(Grünbleierz) $D = 7,2$

FARBE: farblos, honig- oder wachsgelb, braun, grün

STRICH: weiß, gelblichweiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Diamantglanz und Fettglanz/durchsichtig

Kristallausbildung: säulig, nadelig, spitz-pyramidenförmig, faßförmig, tafelig; XX aufgewachsen



Aggregatform: traubig, nierig, erdig, krustig; Überzug, Anflug

Spaltbarkeit/Bruch: wechselnd deutlich (Blättchen)/muschelrig, uneben; spröde

Bildungsweise und Vorkommen: sedimentär

Verwitterungszone von Erzgängen

Johanngeorgenstadt(Erzgebirge); Clausthal(Harz); Příbram und Banská Stianvica (ČSSR); Cornwall (England)

Ähnliche Minerale: Pyromorphit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. leicht schmelzend; Bleikorn und Bleibeschlag; Arsengeruch; in Salpetersäure löslich
Pyromorphit, Galenit, Limonit, Psilomelan

Abb. Seite 160

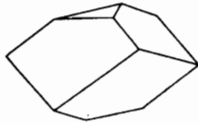
195 Rhodochrosit MnCO_3 trigonal $H = 3\frac{1}{2} - 4\frac{1}{2}$
(Manganspat) 48% Mn $D = 3,3 - 3,6$

FARBE: rosarot, grau und braun, selten farblos, angewittert schwarz

STRICH: weiß bis rötlichweiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz/durchsichtig bis durchscheinend

Kristallausbildung: würfelnähnlich (oft sattel- und linsenförmig gekrümmt), meist klein



Aggregatform: derb, körnig, spätig, dicht, radialstrahlig, traubig, glaskopffartig

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen/muschelig; spröde

Bildungsweise und Vorkommen: hydrothermal

Erzgänge

Harz (Schäbenholz bei Elbingerode); Freiberg; Sacaramb (Rumänien);

Usinsk in Sibirien; Pyrenäen; Südspanien

Ähnliche Minerale: Calcit, Dolomit, Ankerit, Siderit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: Mn-Perlenreaktion

Galenit, Sphalerit, Tetraedrit, Pyrit, Limonit, Hämatit, Rhodonit, Quarz

Abb. Seite 161

196 Margarit $\text{CaAl}_2[(\text{OH})_2/\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{10}]$ $H = 3\frac{1}{2} - 5\frac{1}{2}$
(Perlglimmer) monoklin $D = 2,99 - 3,08$

FARBE: perlweiß, hellgrau, rosa, gelblich

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: auf Spaltflächen Perlmutterglanz/durchscheinend

Kristallausbildung: dünntafelig; XX sehr selten



Aggregatform: schuppig, körnig-blättrig, eingesprengt, derb

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen spaltbar

Bildungsweise und Vorkommen: metamorph

metamorphe Gesteine (Chloritschiefer)

am Greiner in Tirol (Österreich)

Ähnliche Minerale: ähnlich gefärbte Glimmer

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. unter Aufblähen schwer schmelzbar; durch Säuren zersetzbar

Chlorit, Korund, Diaspor, Magnetit, Rutil

GRUPPE III · Nichtmetallisch/mittelhart

197 Fluorit (Flußspat)

CaF_2

kubisch

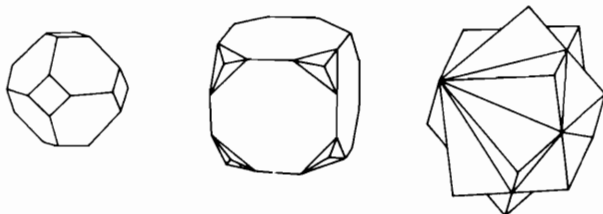
H = 4

D = 3,1 – 3,2

FARBE: selten farblos, meist in mannigfaltiger Weise gefärbt, manchmal zonar
STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: „feuchter“ Glasglanz/selten wasserklar, sonst durchsichtig bis durchscheinend

Kristallausbildung: Würfel, Achtfächner; XX isometrisch, aufgewachsen, Durchdringungszwillinge



Aggregatform: körnig, stengelig, dicht, erdig, derb, spätig, radialstrahlig

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen (Oktaeder)/splitterig, muschelig; spröde

Bildungsweise und Vorkommen: in fast allen Gesteinsarten, auf fast jedem Erzgang, Pegmatite

Harz; Erzgebirge; Vogtland; Thüringer Wald; Weardale und Derbyshire (England)

Ähnliche Minerale: Baryt, Apatit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. stark zerspritzend; phosphoreszierend; schwer schmelzbar; in Schwefelsäure Entweichen von Flußsäure (glasätzend)

Baryt, Siderit, Quarz, Galenit, Sphalerit, Chalkopyrit, ged. Silber, Argentit, Pyrargyrit, Proustit, Nickelinit, Apatit, Topas, Turmalin, Cassiterit, Wolframit, Molybdänit, Arsenopyrit, Lithionglimmer, Scheelit, Quarz

Abb. Seite 161

198 Disthen (Kyanit)

$\text{Al}_2[\text{O}/\text{SiO}_4]$

triklin

H = 4

XX- quer 6–7

D = 3,6 – 3,7

FARBE: gewöhnlich ungleichmäßig-fleckig blau; grün, gelb, farblos, schwarz

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz, auf Spaltflächen Perlmutterglanz/durchsichtig bis durchscheinend

Kristallausbildung: breitstengelig, stengelig, nadelig; XX oft quergestreift und verbogen

Aggregatform: stengelig, faserig, wirrstrahlig, blätterig-strahlig, eingesprengt

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen in Längsrichtung spaltbar

Bildungsweise und Vorkommen: metamorph

Umwandlungsgesteine (besonders Glimmerschiefer)

Trusetal im Thüringer Wald; Měrunice (Meronitz) ČSSR; Monte Campione im Tessin; Pfisch in den italienischen Alpen

Ähnliche Minerale: Sillimanit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. unschmelzbar; mit Kobaltnitratlösung geglüht Blaufärbung; wird von Flußsäure kaum, von anderen Säuren nicht angegriffen
Staurolith, Andalusit, Paragonit, Granat, Hornblende, Korund, Rutil, Graphit

Abb. Seite 161, 172

199 Langbeinit

$K_2Mg_2[SO_4]_3$ kubisch

H = 4

D = 2,8

FARBE: farblos

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz/durchscheinend, undurchsichtig

Kristallausbildung: XX selten

Aggregatform: körnig

Spaltbarkeit/Bruch: –/–

Bildungsweise und Vorkommen: sedimentär

Kalialzlagernstätten

nördlich Harz; westl. Thüringer Wald

Ähnliche Minerale: –

Weitere Merkmale und Begleitminerale: Salzminerale, Sylvit und Kieserit

Abb. Seite 161

200 Siderit

(Eisenspat)

$FeCO_3$

48 % Fe

trigonal

H = 4 – 4½

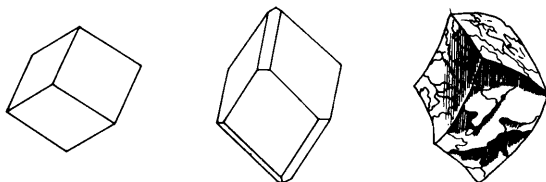
D = 3,7 – 3,9

FARBE: gelblichweiß bis -braun, grau, metallische Anlauffarben

STRICH: weiß, auch braun und schwarz

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz/durchscheinend bis undurchsichtig

Kristallausbildung: würfelförmig, oft sattel- und linsenförmig gekrümmt



Aggregatform: derb, spätig, grob- bis feinkörnig, radialstrahlig, nierig, oolithisch

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen nach drei Richtungen/spröde

Bildungsweise und Vorkommen: pegmatitisch (-pneumatolytisch), hydrothermal
Erzgänge, Sedimentgesteine

Harz (Neudorf); Alpen (Erzberg, Hüttenberg); Thüringer Wald

Ähnliche Minerale: eisenhaltiger Calcit, Dolomit, Magnesit, Sphalerit, Ankerit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: braust nur mit heißen Säuren

Kryolith, Cassiterit, Galenit, Sphalerit, Chalkopyrit, Tetraedrit, Baryt, Fluorit, Ankerit, Calcit, Quarz

Abb. Seite 138, 161

201 Magnesit MgCO_3 trigonal $H = 4 - 4\frac{1}{2}$
(Bitterspat) 28,8% Mg $D = 2,9 - 3,1$

FARBE: weiß mit gelblicher oder grauer Tönung

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz/durchscheinend bis undurchsichtig

Kristallausbildung: würfelförmlich; XX selten,
 fast immer eingewachsen

Aggregatform: körnig, stengelig, dicht,
 knollig, nierig, erdig

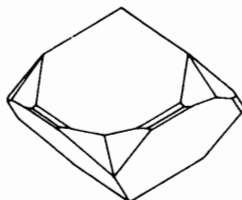
Spaltbarkeit/Bruch: sehr vollkommen
 in drei Ebenen/spröde

Bildungsweise und Vorkommen: Verdrängungen
 metamorphe Gesteine

Alpen (St. Gotthard, Zillertal, Pfitschtal, Veitsch, Radenthein); Satkinst,
 Südural (UdSSR)

Ähnliche Minerale: farblose Karbonate, vor allem in dichter Ausbildung

Weitere Merkmale und Begleitminerale: reagiert mit Salzsäure nur im gepulverten
 Zustand nach Erwärmen



202 Bastnäsit $\text{R}^{\text{III}}\text{FCO}_3$ hexagonal $H = 4 - 4\frac{1}{2}$
 $\text{R} = \text{Zer und Seltene Erden}$ $D = 5,0$

FARBE: wachsgelb bis rötlichbraun

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: glasglänzend/undurchsichtig

Kristallausbildung: tafelige XX nach (0001)

Aggregatform: derb

Spaltbarkeit/Bruch: spaltbar nach (10 $\bar{1}$ 0), undeutlich

Bildungsweise und Vorkommen: magmatisch, metasomatisch, in Karbonatiten
 Bastnäsgrube bei Riddarhyttan; Pikes Peak; Colorado (USA)

Ähnliche Minerale: –

Weitere Merkmale und Begleitminerale: ?

203 Colemanit $\text{Ca}[\text{B}_3\text{O}_4(\text{OH})_3] \cdot \text{H}_2\text{O}$ monoklin $H = 4\frac{1}{2}$
 $D = 2,42$

FARBE: weiß

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: starker Glasglanz/durchsichtig bis durchscheinend

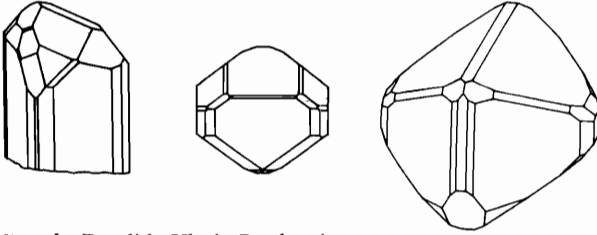
Kristallausbildung: dicktafelig, kurz- bis langsäulig, spitz pyramidenförmig; flächen-
 reich

Aggregatform: meist derb, dicht, blättrig

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen bis deutlich spaltbar

Bildungsweise und Vorkommen: sedimentär

Sedimentgesteine
 Kalifornien



Ähnliche Minerale: Datolith, Ulexit, Pandermit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. unvollkommen schmelzbar; grüne Flammenfarbe; in heißer Salzsäure löslich, beim Erkalten Niederschlag von Borsäure

Gips, Calcit, Coelestin, Halit, Ulexit

Abb. Seite 162

204 Brannerit

XY_2O_6 monoklin
X = U, Th, Ca, Seltene
Erden
Y = Ti, Fe^{3+}

H = ca. $4\frac{1}{2}$
D = 6,35
(schwer
bestimmbar!)

FARBE: glänzend schwarz, in dünnen Splittern braunviolett bis gelb durchscheinend
STRICH: ?

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: glänzend/undurchsichtig

Kristallausbildung: XX prismatisch bis linealartig, auch isometrisch

Aggregatform: oft Krusten auf Uranmineralen

Spaltbarkeit/Bruch: –/–

Bildungsweise und Vorkommen: sedimentär, präkambrische Seifen

Marokko, Westaustralien; Spanien; Blind River; Ontario; Witwatersrand;
S.-Afrika

Ähnliche Minerale: –

Weitere Merkmale und Begleitminerale: isotropisiert und dadurch Härte und Dichte schwer bestimmbar; Uran-Perle
Uraninit

205 Xenotim (Ytterspat)

$Y[PO_4]$ tetragonal

H = 4 – 5
D = 4,5 – 5,1

FARBE: gelblichbraun, rot, grau, braun

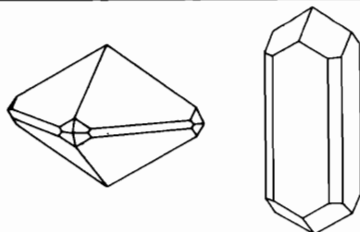
STRICH: weiß bis gelblichbraun

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Fettglanz, Glasglanz, Wachsglanz/durchsichtig bis undurchsichtig

Kristallausbildung: XX klein, viereckig säulig, pyramidenartig,
XX auf- und eingewachsen

Aggregatform: eingesprengt, derb, lose

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen (stengelig)/splitterig, uneben; spröde



Bildungsweise und Vorkommen: pegmatitisch, liquid-magmatisch
magmatische Gesteine, Pegmatite
Binnental und St. Gotthard (Alpen)

Ähnliche Minerale: Zirkon

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. unschmelzbar; in Säuren unlöslich
Zirkon, Monazit

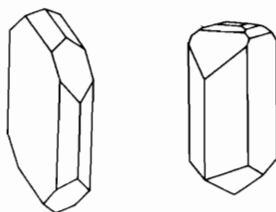
206 Hemimorphit $\text{Zn}_4[(\text{OH})_2/\text{Si}_2\text{O}_7] \cdot \text{H}_2\text{O}$ **rhombisch** **H = 4 – 5**
(Kieselzinkerz) **54% Zn** **D = 3,3 – 3,5**

FARBE: farblos, weiß, lichtgrün, braun, grau, gelb, blau

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz, Spaltflächen Perlmutterglanz/durchsichtig bis durchscheinend

Kristallausbildung: tafelig, säulig, nadelig; XX meist klein



Aggregatform: fächerartig, fast parallel gruppiert, dünnstengelig, faserig, erdig, kugelig, nierig, zellig, körnig, dicht

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen bis deutlich/muschelig; spröde

Bildungsweise und Vorkommen: metasomatisch

Verdrängungen in Kalk und Dolomit

Altenberg bei Aachen; Raibl und Bleiberg in Kärnten; Nertschinsk (UdSSR)

Ähnliche Minerale: Topas, Prehnit, Opal, Smithsonit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. unschmelzbar; Zinkbeschlag;
Wasserabgabe im Kölbchen; in Salzsäure unter SiO_2 -Abscheidung löslich
Smithsonit, Sphalerit, Galenit, Wulfenit, Limonit, Quarz

Abb. Seite 162

207 Chabasit $(\text{Ca}, \text{Na}_2)[\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}] \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$
trigonal

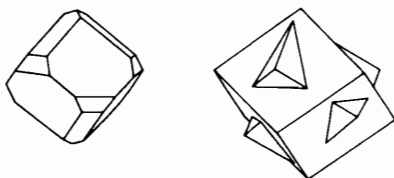
H = 4 – 5
D = 2,1

FARBE: weiß, rötlich oder bräunlich getönt

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz/durchsichtig bis durchscheinend

Kristallausbildung: isometrische Formen, charakteristische Durchdringungs-
zwillinge, gekrümmte Kristallflächen



Aggregatform: keine Aggregate

Spaltbarkeit/Bruch: sehr vollkommen/uneben; spröde

Bildungsweise und Vorkommen: hydrothermal

auf Hohlräumen in basaltischen und anderen Erstarrungsgesteinen, auf Klüften

Knaupsholz (Harz); Suhl (Thür.); Oberstein an der Nahe

Ähnliche Minerale: Calcit, Dolomit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. unter Aufblättern schmelzend;
im Kölbchen Wasserabgabe; in Salzsäure unter SiO_2 -Abscheidung löslich

Phillipsit, Harmotom, Desmin, Heulandit, Analcim, Calcit, Feldspat, Quarz, Epidot, Fluorit

Abb. Seite 162

208 Triphylin $\text{Li}(\text{Fe}, \text{Mn})[\text{PO}_4]$ rhombisch
8% LiO_2

H = 4 – 5
D = 3,4 – 3,6

FARBE: grünlichgrau, bläulich, meist gefleckt; Mn-reich: braun

STRICH: grauweiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Fettglanz/durchsichtig bis durchscheinend

Kristallausbildung: kurzsäulig, XX selten

Aggregatform: derb, großkörnig

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen spaltbar

Bildungsweise und Vorkommen: pegmatitisch
Pegmatite

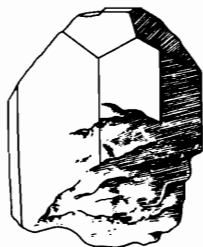
Zwiesel und Hagendorf (bayr. Oberpfalz)

Ähnliche Minerale: Lithiophililit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. leicht
schmelzbar; rote Flammenfarbe;

in Salzsäure leicht löslich

Beryll, Spodumen, Cassiterit, Amblygonit



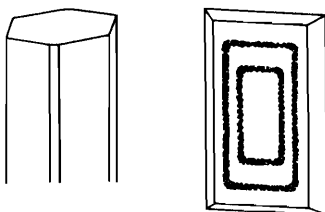
209 **Variszit** $\text{Al}[\text{PO}_4] \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ rhombisch $\text{H} = 4 - 5$
 $\text{D} = 2,2 - 2,5$

FARBE: apfelgrün, auch bläulichgrün oder farblos

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: schwacher Wachsglanz/durchscheinend

Kristallausbildung: kurzadelig; XX klein



Aggregatform: nierig, krustig, kugelig, dicht

Spaltbarkeit/Bruch: gut/muschelig; spröde bis mild

Bildungsweise und Vorkommen: sedimentär

auf Klüften

Meßbach bei Plauen; Ronneburg (Thür.); Utah (USA)

Ähnliche Minerale: –

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. unschmelzbar; färbt sich purpurrot; in Salzsäure unlöslich

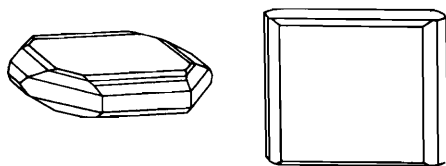
210 **Wollastonit** $\text{Ca}_3[\text{Si}_3\text{O}_9]$ triklin $\text{H} = 4\frac{1}{2} - 5$
 $\text{D} = 2,8 - 2,9$

FARBE: weiß mit grauer oder rötlicher Tönung, selten fleischrot

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz, grob-spätige Massen Seidenglanz, dichte Aggregate seidig glänzend/durchscheinend

Kristallausbildung: tafelig, breitstengelig, nadelig, faserig; XX selten



Aggregatform: stengelig, radial- und parallelstrahlig, blätterig, derb, körnig, ästig

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen nach zwei Richtungen/spröde

Bildungsweise und Vorkommen: kontaktmetamorph

in Kalken und vulkanischen Auswürflingen

Lengefeld in Sachsen; Gengenbach im Schwarzwald (BRD)

Ähnliche Minerale: Pektolith, Termolit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. schwer schmelzbar; gelatiniert in Säuren; fluoresziert beim Erwärmen
 Granat, Vesuvian, Diopsid, Epidot, Graphit

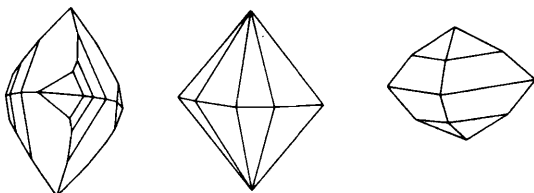
211 Scheelit $\text{Ca}[\text{WO}_4]$ tetragonal $\text{H} = 4\frac{1}{2} - 5$
 $80\% \text{WO}_3$ $\text{D} = 5,8 - 6,2$

FARBE: grau, grünlichgelb, braun, rot, selten farblos

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Fett-, Diamantglanz/durchscheinend

Kristallausbildung: pyramidenförmig (quadratisch), tafelig, linsig



Aggregatform: dicht, körnig, derb, krustig

Spaltbarkeit/Bruch: deutlich (Achtflächner)/muschelig, splitterig, uneben, spröde

Bildungsweise und Vorkommen: pegmatitisch, pneumatolytisch, hydrothermal

Pegmatite, Erzgänge, Umwandlungsgesteine (Verdrängungen)

Zinnwald und Altenberg im Erzgebirge (Zinnerzparagenese); Traversella in Piemont; Schellgaden in Salzburg; Obří Důl/Krkonoše (Riesengrund im Riesengebirge)

Ähnliche Minerale: Anglesit, Cerussit, Baryt

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. schwer schmelzbar; in erwärmter konzentrierter Schwefelsäure Blaufärbung; in Salzsäure unter Ausscheiden von gelbem Wolframoxid löslich

Wolframit, Cassiterit, Fluorit, Apatit, Zinnwaldit, Quarz; Molybdänit, Topas, Arsenopyrit

Abb. Seite 162

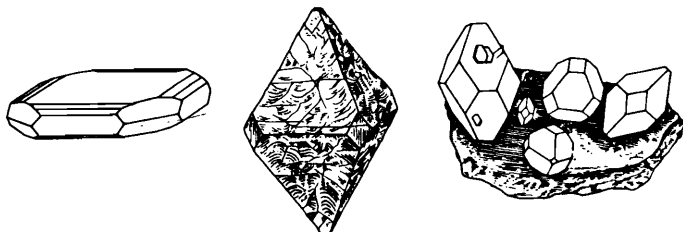
212 Apophyllit $\text{KCa}_4[\text{F}/(\text{Si}_4\text{O}_{10})_2] \cdot 8 \text{H}_2\text{O}$ tetragonal $\text{H} = 4\frac{1}{2} - 5$
 $\text{D} = 2,3 - 2,4$

FARBE: farblos, weiß rötlich und gelblichweiß

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Spaltflächen haben starken Perlmuttglanz mit eigen-
 tümlichem Lichtschein, sonst Glasglanz/durchsichtig bis durchscheinend

Kristallausbildung: tafelig, säulig, pyramidenförmig, würfelig



Aggregatform: blätterig, dicht, porzellanartig, schalig, körnig, derb

Spaltbarkeit/Bruch: sehr vollkommen/uneben

Bildungsweise und Vorkommen: hydrothermal

auf Blasenräumen basischer Ergußgesteine

Siebengebirge; Sasbach am Kaiserstuhl; Haslach in Baden; St. Andreasberg im Harz; Ústí nad Labem (ČSSR)

Ähnliche Minerale: –

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. aufblättern und unter Aufblähen schmelzend; in Salzsäure SiO_2 -Abscheidung

Analcim, Natrolith, Calcit

Abb. Seite 163

GRUPPE III · Nichtmetallisch/hart

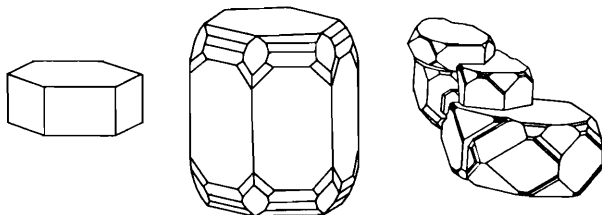
213 Apatit $\text{Ca}_5[\text{F}/(\text{PO}_4)_3]$ hexagonal $H = 5$
D = 3,16 – 3,22

FARBE: farblos und in allen Farben

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz, auf Bruchflächen Fettglanz/wasserklar oder trübe und undurchsichtig

Kristallausbildung: tafelig, säulig, nadelig, sechsseitig



Aggregatform: faserig, strahlig, dicht, erdig, körnig, derb, nierig, traubig, knollig, kugelig, oolithisch

Spaltbarkeit/Bruch: wechselnd deutlich/muschelig; spröde

Bildungsweise und Vorkommen: magmatisch, pegmatitisch, hochhydrothermal metasomatisch

Erstarrungsgesteine, Pegmatite, Absatzgesteine (Verdrängungen)

Ehrenfriedersdorf (Sachsen); St. Gotthard (Schweiz); Durango (Mexiko)

Ähnliche Minerale: Beryll, Quarz, Nephelin, Cordierit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. an den Kanten abrundbar; in Säuren löslich

Cassiterit, Wolframit, Arsenopyrit, Fluorit, Topas, Magnetit

Abb. Seite 163

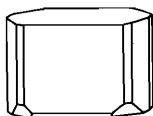
214 Pektolith $\text{Ca}_2\text{NaH}[\text{Si}_3\text{O}_9]$ triklin $H = 5$
D = 2,7 – 2,9

FARBE: weiß, grau, gelblichweiß, grünlichweiß

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glas-, Perlmutt-, Seidenglanz/durchscheinend

Kristallausbildung: säulig, stengelig, faserig, nadelig; XX sehr selten



Aggregatform: parallel- und radialstrahlig, kugelig, dicht, derb

Spaltbarkeit/Bruch: deutlich nach zwei Richtungen

Bildungsweise und Vorkommen: hydrothermal
auf Klüften und in Drusen basischer Erstarrungsgesteine
Schottland; Monte Baldo (Italien); Paterson (USA)

Ähnliche Minerale: Tremolit, Wollastonit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. leicht zur Kugel schmelzend; im
Kölbchen mäßige Wasserabgabe
Laumontit, Natrolith, Heulandit, Calcit

215 Smithsonit ZnCO_3 trigonal $H = 5$
(Zinkspat) 52% Zn, bis 3% Cd $D = 4,3 - 4,5$

FARBE: farblos, meist gelblich, bräunlich, grünlich oder grau getönt

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz/durchscheinend bis trüb

Kristallausbildung: XX klein, oft gerundet



Aggregatform: derb, nierig, zellig, stalaktitisch,
schalig-gebändert, körnig, strahlig, erdig

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen/uneben; spröde

Bildungsweise und Vorkommen: hydrothermal

Erzgänge, metamorphe Gesteine

Altenberg bei Aachen; Wiesloch in Baden; Raibl und Bleiberg in Kärnten

Ähnliche Minerale: Calcit, Phosphorit, Dolomit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: Zn-Reaktion auf Kohle; reagiert mit
warmer Säure unter CO_2 -Entwicklung; Vorkommen fast nur auf dolo-
mitische Gesteine beschränkt

Sphalerit, Galenit, Malachit, Azurit, Hydrozinkit, Cerussit, Aurichalcit,
Limonit, Calcit

Abb. Seite 163

216 Cancrinit $\text{Na}_6\text{Ca}[\text{CO}_3/(\text{AlSiO}_4)_6] \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ hexagonal $H = 5 - 5\frac{1}{2}$
 $D = 2,4$

FARBE: weiß, blau, grau mit gelblicher oder grünlicher Tönung, auch lichtrosa

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz, Perlmuttglanz/durchsichtig bis trübe

Kristallausbildung: säulig, nadelig

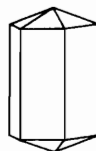
Aggregatform: körnig, stengelig

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen in Längsrichtung/uneben

Bildungsweise und Vorkommen: magmatisch
in alkalireichen Erstarrungsgesteinen,
in vulkanischen Auswürflingen
Laacher See; Norwegen

Ähnliche Minerale: Nephelin, Chondroit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. unter Aufschäumen schmelzend;
braust in Säuren schwach auf
Zeolithe, Nephelin, Calcit



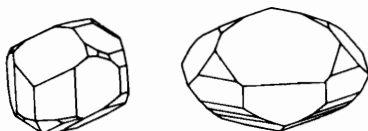
217 Datolith	$\text{CaB}[\text{OH}/\text{SiO}_4]$	monoklin	$H = 5 - 5\frac{1}{2}$ $D = 2,9 - 3,0$
--------------	--------------------------------------	----------	---

FARBE: farblos, weiß, grünlich, gelblich, selten rot, violett

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz, Bruchflächen fettglänzend/durchsichtig bis durchscheinend

Kristallausbildung: kurzsäulig, dicktafelig, flächenreich



Aggregatform: körnig, feinfaserig, kleinnierig, traubig, krustig, dicht, derb

Spaltbarkeit/Bruch: unebener bis muscheliger Bruch

Bildungsweise und Vorkommen: hydrothermal

auf Klüften basischer Ergußgesteine, seltener auf Gängen im Granit
St. Andreasberg im Harz; Haslach im Schwarzwald

Ähnliche Minerale: Danburit, Colemanit, Pandermit, Ulexit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. unter Schäumen zu klarem Glas schmelzend; hellgrüne Flammenfarbe; in Säuren gelatinierend

Prenit, Chabasit, Epidot, Calcit, Magnetit, Quarz

218 Natrolith	$\text{Na}_2[\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}] \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$	rhombisch	$H = 5 - 5\frac{1}{2}$ $D = 2,2 - 2,5$
---------------	---	-----------	---

FARBE: farblos, weiß mit gelblicher, grünlicher, rötlicher Tönung

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz, faserige Massen Seidenglanz/durchsichtig bis durchscheinend

Kristallausbildung: säulig, nadelig, faserig; XX selten

Aggregatform: büschelig, radialstrahlig, kugelig,
feinfaserig, derb, mehlig

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen/muschelig

Bildungsweise und Vorkommen: hydrothermal

auf Blasenräumen in basaltischen Gesteinen
Hammerunterwiesenthal (Erzg.); Hohentwiel im
Hegau; Ústí n. L. in der ČSSR; Fassa in den
italienischen Alpen; Island

Ähnliche Minerale: Aragonit, Skolezit, Thomsonit, Wavellit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. äußerst leicht schmelzbar; im
Kölbchen Wasserabgabe; in Salzsäure gelatinierend

Chabasit, Apophyllit, Calcit

Abb. Seite 163, 164



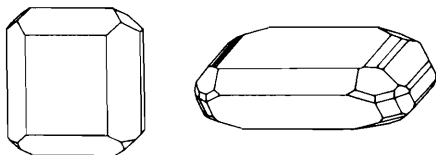
219 Monazit	$(\text{Ce, La, Th})[\text{PO}_4]$	monoklin	H = 5 – 5½ D = 4,8 – 5,5
	17–30% Ce und 2–24% Th		

FARBE: gelblichbraun, braun, rot, auch grün

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: starker Glas- und Fettglanz/meist nur durchscheinend

Kristallausbildung: dicktafelig, kurznadelig; insgesamt sehr verschieden, XX ein- und aufgewachsen



Aggregatform: derb, körnig

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen bis deutlich/muschelig; spröde

Bildungsweise und Vorkommen: pegmatitisch, magmatisch, sedimentär

Pegmatite, Absatzgesteine, Seifen, Klüfte

Tavetsch-, Cornera-, Maderaner- und Binnental

Ähnliche Minerale: Orthit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. fast unschmelzbar; mit Schwefelsäure befeuchtet, grüne Flammenfarbe; löslich in Salzsäure

Zirkon, Orthit, Sillimanit; Adular, Albit, Bergkristall, Anatas, Ilmenit;

Xenotim, Magnetit, Granat

220 Triplit (Eisenpecherz)	$(\text{Mn, Fe})_2[\text{Fe/PO}_4]$	monoklin	H = 5 – 5½ D = 3,5 – 3,9
--------------------------------------	-------------------------------------	----------	-----------------------------

FARBE: kastanienbraun, fleischrot bis schwarz

STRICH: gelblichgrau

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Fettglanz/nur an den Kanten durchscheinend

Kristallausbildung: tafelig; XX undeutlich

Aggregatform: grobkörnig, derb, spätig

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen bis deutlich/muschelig bis uneben; spröde

Bildungsweise und Vorkommen: pegmatitisch

Pegmatite, Zinnsteinlagerstätten

Zwiesel und Hagendorf in Bayern; Geyer im Erzgebirge

Ähnliche Minerale: –

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. leicht zu magnetischer Kugel schmelzend; löslich in Salzsäure

Apatit, Beryll, Quarz, ged. Wismut, Cassiterit, seltene Phosphate

221 Eudialyt $(\text{Na}, \text{Ca}, \text{Fe})_6\text{Zr}[(\text{OH}, \text{Cl})/(\text{Si}_3\text{O}_9)_2]$

trigonal

H = 5 – 5½

D = 2,8 – 3,0

FARBE: rosa, rosarot in verschiedenen Tönen, rötlichbraun, braun, gelbbraun, hellgelb

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz/durchscheinend

Kristallausbildung: tafelig, verzerrte Würfel; XX eingewachsen

Aggregatform: körnig, derb

Spaltbarkeit/Bruch: undeutlich/uneben

Bildungsweise und Vorkommen: magmatisch

Erstarrungsgesteine

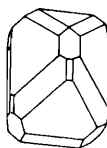
Grönland; Halbinsel Kola

Ähnliche Minerale: –

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. leicht schmelzbar; gibt im Kölbchen Wasser ab; gelatiniert mit Salzsäure

Zirkon, Sodalith, Molybdänit

Abb. S. 165



222 Thomsonit $\text{NaCa}_2[\text{Al}_2(\text{Al}, \text{Si})\text{Si}_2\text{O}_{10}]_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$

rhombisch

H = 5 – 5½

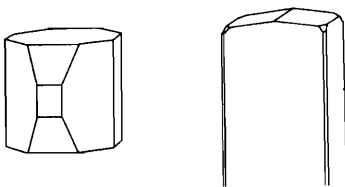
D = 2,3 – 2,4

FARBE: weiß

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Diamant- bis Fettglanz/durchsichtig bis trüb

Kristallausbildung: tafelig, würfelig, kurzadelig; XX klein und selten



Aggregatform: strahlig, derb, nierig, fächerförmig

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen bis deutlich/uneben bis muschelig

Bildungsweise und Vorkommen: hydrothermal

auf Blasenräumen basaltischer Gesteine

Pflasterkaute bei Eisenach; České Středohoří (Böhmisches Mittelgebirge);

Hammerunterwiesenthal (Erzg.); Kilpatrick (Schottland); Kanada; USA

Ähnliche Minerale: Natrolith

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. unter starkem Aufblähen schmelzend; im Kölbchen Wasserabgabe; gelatiniert in Salzsäure

Natrolith, Desmin, Analcim, Calcit

223 Leucit $K[AlSi_2O_6]$ tetragonal $H = 5 - 6$
 $> 605^\circ$ kubisch $D = 2,45 - 2,5$

FARBE: weiß, grau, gelblich, aschgrau

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz, Fettglanz, Mattglanz/selten klar durchscheinend

Kristallausbildung: isometrische Form (Leucitoeder); XX eingewachsen

Aggregatform: selten in körnigen Aggregaten

Spaltbarkeit/Bruch: muscheliger Bruch

Bildungsweise und Vorkommen: magmatisch

Ergußgesteine

Kaiserstuhl; Rieden am Laacher See; Vesuv

Ähnliche Minerale: Analcim, Sodalith, Granat

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. fast unschmelzbar; nach Glühen mit Kobaltnitratlösung blau; durch Salzsäure zersetzbar
 Sanidin, Nephelin, Augit

Abb. Seite 164

224 Diopsid $CaMg[Si_2O_6]$ monoklin $H = 5 - 6$
 $D = 3,3 - 3,4$

FARBE: in verschiedenen blassen, schmutziggrauen oder -grünen Tönen, selten farblos

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz/durchsichtig bis durchscheinend

Kristallausbildung: säulig, nadelig; XX meist aufgewachsen

Aggregatform: körnig, derb, dicht

Spaltbarkeit/Bruch: deutlich in Längsrichtung

Bildungsweise und Vorkommen: magmatische Abfolge, metamorph

alpine Klüfte, Gemengteil vieler Erstarrungs- und Umwandlungsgesteine

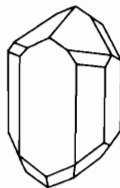
Mussaalpe, Piemont, Zillertal; Breitenbrunn im Erzgebirge

Ähnliche Minerale: Granat, gemeiner Augit, Diallag

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. schwer schmelzbar; nur von Flußsäure angreifbar

Granat, Chlorit, Magnetit, Apatit, Biotit

Abb. Seite 164



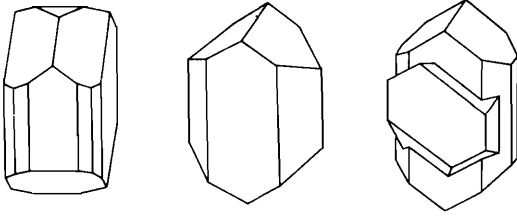
225 Augit $(Ca, Mg, Fe, Ti, Al)_2[Si, Al)_2O_6]$ monoklin $H = 5 - 6$
 $D = 3,2 - 3,6$

FARBE: schwarz, grünlich- bis bräunlichschwarz, seltener dunkelgrün oder braun

STRICH: graugrün

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz/undurchsichtig bis durchscheinend

Kristallausbildung: kurzsäulig, nadelig, dicktafelig; XX ein- und aufgewachsen, achtseitiger Querschnitt



Aggregatform: körnig, dicht, derb, strahlig

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen/muschelig bis uneben, spröde

Bildungsweise und Vorkommen: magmatisch, metamorph

Erstarrungsgesteine (bevorzugt Ergußgesteine), kontaktmetamorphe Dolomite

Kristalle vom Kaiserstuhl; České Středohoří (Böhmisches Mittelgebirge); Lausitz

Ähnliche Minerale: Hornblende

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. zu schwarzem Glas schmelzend; durch Säuren wenig angreifbar

Feldspat, Hornblende, Olivin

226 Titanit
(Sphen)

$\text{CaTi}[\text{O}/\text{SiO}_4]$

monoklin

H = 5 – 6

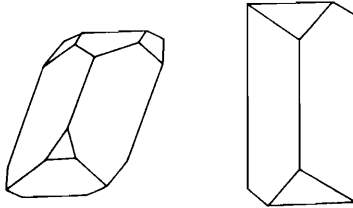
D = 3,4 – 3,6

FARBE: gelb, grünlich, braun, grau, schwarz, rosa

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Diamant- bis Fettglanz/durchsichtig bis undurchsichtig

Kristallausbildung: säulig, dünntafelig, keilförmig, briefumschlagartig; XX aufgewachsen, Zwillinge



Aggregatform: körnig, schalig, seltener derb

Spaltbarkeit/Bruch: deutlich bis weniger deutlich/muschelig; spröde

Bildungsweise und Vorkommen: hydrothermal, magmatisch, z. T. metamorph

alpine Klüfte, Erstarrungsgesteine, metamorphe Kalke

St. Gotthard; Val Maggia in Piemont; Pfunders- und Pfischthal in den italienischen Alpen; Sulzbachtal in Salzburg; Plauenscher Grund bei Dresden; Borntal, Kyffhäuser; Achmatowsk Ural und Halbinsel Kola (UdSSR)

Ähnliche Minerale: Axinit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. an den Kanten abrundbar; wird durch Schwefelsäure vollständig zersetzt

Feldspat, Quarz, Chlorit, Rutil, Hornblende

Abb. Seite 164, 167

227 Sodalith $\text{Na}_8[\text{Cl}_2/(\text{AlSiO}_4)_6]$ kubisch $H = 5 - 6$
 $D = 2,3$

FARBE: farblos, grau mit gelblicher oder bläulicher Tönung, blau

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz, Bruchflächen Fettglanz/durchsichtig bis durchscheinend, auch völlig undurchsichtig

Kristallausbildung: isometrische Formen; XX aufgewachsen

Aggregatform: selten körnig, derb

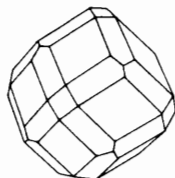
Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen/muschelig

Bildungsweise und Vorkommen: hydrothermal, magmatisch
 gesteinsbildend, Mineralgänge

Ditro (Rumänien); Rieden am Laacher See;

Monte Somma und Albaner Berge

(Italien); Miass im Ural (UdSSR)



Ähnliche Minerale: Leucit, Analcim, Hauyn, Nosean, Lasurit, Lazulith

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. schwer schmelzbar; durch Salzsäure zersetzbar

Zirkon, Titanit, Nephelin, Ankerit, Baryt

228 Skapolith

Mischungsreihe der Endglieder Marialith (1) und Mejonit (2)

(1) $\text{Na}_8[(\text{Cl}_2, \text{SO}_4, \text{CO}_3)/(\text{AlSi}_3\text{O}_8)_6]$

(2) $\text{Ca}_8[(\text{Cl}_2, \text{SO}_4, \text{CO}_3)_2 2 (?)/(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8)_6]$

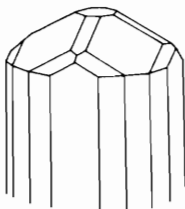
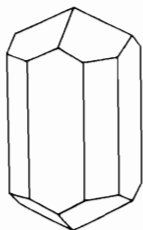
tetragonal $H = 6 - 5$
 $D = 2,61 - 2,75$

FARBE: farblos, grau, tiefblau, rot

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz, auf den Spaltflächen Perlmutterglanz/durchscheinend bis trübe

Kristallausbildung: säulig, stengelig bis nadelig, pyramidenartig begrenzt



Aggregatform: körnig, strahlig, faserig, dicht, gelegentlich spätig

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen in Längsrichtung/muschelig bis uneben

Bildungsweise und Vorkommen: kontaktmetamorph, kontaktpneumatolytisch
 Verdrängungslagerstätten, Granitkontakte
 Arendal in Norwegen; Tunaberg in Schweden

Ähnliche Minerale: Vesuvian, Apatit, Feldspat, Quarz

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. leicht unter Aufblähen schmelzbar;
 bei Ca-Reichtum in Säuren gelatinierend, bei Ca-Armut zersetzbar
 Vesuvian, Granat, Epidot, Augit

229 Türkis (Kallait)	$\text{CuAl}_6[(\text{OH})_2/\text{PO}_4]_4 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$	triklin	H = 5 – 6 D = 2,6 – 2,8
--------------------------------	---	---------	----------------------------

FARBE: himmelblau, blaugrün bis apfelgrün

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Wachsglanz/meist undurchsichtig

Kristallausbildung: XX selten, sehr klein

Aggregatform: feinstkörnig, dicht, nierig, traubig; Adern, Überzüge

Spaltbarkeit/Bruch: undeutlich/muschelig bis splitterig; spröde

Bildungsweise und Vorkommen: sedimentär

Verwitterungsprodukt in Absatz-, Umwandlungs- und Erstarrungsgesteinen
Oelsnitz, Reichenbach in Sachsen; Iran; UdSSR; USA; Anatolien (Türkei)

Ähnliche Minerale: Lasurit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. unschmelzbar; Farbänderung nach Braun und Schwarz; Cu-Reaktion; in Säuren löslich
Chalcedon, Limonit

Abb. Seite 164

230 Äkermanit	$\text{Ca}_2\text{Mg}[\text{Si}_2\text{O}_7]$	tetragonal	H = 5 – 6
231 Melilith	$(\text{Ca}, \text{Na})_2(\text{Mg}, \text{Al}, \text{Fe})[\text{Si}_2\text{O}_7]$		D = 2,9 – 3,0
232 Gehlenit	$\text{Ca}_2(\text{Al}, \text{Mg})[(\text{Al}, \text{Si})\text{SiO}_7]$		

Eigenschaften dieser drei Minerale:

FARBE: farblos, grau, gelb, grünlichgrau, bräunlich

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz oder Fettglanz/durchsichtig und getrübt

Kristallausbildung: kleine, formenarme XX, eingewachsen oder auf Drusenräumen (Melilith), kleine, dicktafelige oder kurzsäulige XX, eingewachsen (Gehlenit)

Aggregatform: –

Spaltbarkeit/Bruch: deutlich nach (001)/–

Bildungsweise und Vorkommen: magmatisch, metamorph

basische, Ca-reiche Ergußgesteine (Melilith) = a

Kontaktmineral in Kalken (Gehlenit) = b

a) Böhmisches Mittelgebirge (Polzenite), Beaver Creek, Colorado (USA),
Afrikanda auf Kola (UdSSR)

b) Oravicza (Rumänien), Monzoni im Fassatal; Mexiko

Ähnliche Minerale: Feldspäte

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. schwer schmelzbar; von Säuren unter Gelatinieren zerstört

Augit, Hornblende, Calcit, Perowskit

233 Eulytin $\text{Bi}_4[\text{SiO}_4]_3$ kubisch $\text{H} = 6 - 6$
(Wismutblende) $\text{D} = 6,1$

FARBE: blasse gelbliche, grünliche oder bräunliche Farbtöne

STRICH: weiß, gelblichgrau

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: fettiger Diamantglanz/durchscheinend

Kristallausbildung: isometrische Formen; XX klein und aufgewachsen

Aggregatform: strahlig, kleinierig

Spaltbarkeit/Bruch: muscheliger Bruch

Bildungsweise und Vorkommen: sedimentär

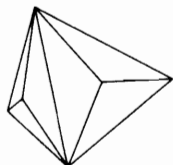
Verwitterungsbildung auf Erzgängen

Schneeberg und Johanngeorgenstadt im Erzgebirge

Ähnliche Minerale: Sphalerit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. leicht zur Kugel schmelzend;
mit Kaliumjodid und Schwefel Wismutreaktion; in Säuren unter Ab-
scheidung von SiO_2 löslich

Wismutocker, ged. Wismut, Chloanthit, Quarz



234 Enstatit $\text{Mg}_2[\text{Si}_2\text{O}_6]$ rhombisch $\text{H} = 5\frac{1}{2}$
 $\text{D} = 3,1 - 3,3$

FARBE: farblos, grauweiß mit grünlicher Tönung, auch bräunlichgrün

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz/durchscheinend

Kristallausbildung: dicktafelig, säulig, nadelig; XX selten

Aggregatform: körnig, spätig, derb

Spaltbarkeit/Bruch: deutlich; schalige Absonderung

Bildungsweise und Vorkommen: pegmatitisch, magmatisch

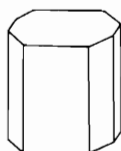
Apatitpegmatite, basische Erstarrungsgesteine

Callenberg (Sachs.); Bamle in Norwegen

Ähnliche Minerale: Apatit, Phlogopit, Hypersthen

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. unschmelzbar; nur durch Fluß-
säure langsam zersetzbar

Phlogopit, Hornblende, Rutil, Feldspat, Olivin, Hornblende, Biotit



235 Bronzit $(\text{Mg}, \text{Fe})_2[\text{Si}_2\text{O}_6]$ rhombisch $\text{H} = 5\frac{1}{2}$
 $\text{D} = 3,2 - 3,5$

FARBE: braun und grün in verschiedenen Tönen

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: oft seidenartiger metallischer Glanz/durchscheinend bis
undurchsichtig

Kristallausbildung: tafelig, säulig; gute XX selten

Aggregatform: grobkörnig, spätig, garbenartig, strahlig, derb

Spaltbarkeit/Bruch: deutlich; schalige Absonderung

Bildungsweise und Vorkommen: magmatisch

basische Erstarrungsgesteine

Bad Harzburg im Harz (BRD); Kraubath (Steiermark)

Ähnliche Minerale: Augit, Hornblende

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. schwer schmelzbar; nur in Flußsäure löslich

Feldspat, Olivin, Hornblende, Serpentin

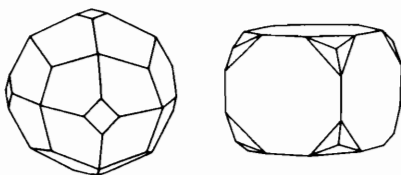
236 Analcim $\text{Na}[\text{AlSi}_2\text{O}_6] \cdot \text{H}_2\text{O}$ kubisch $H = 5\frac{1}{2}$
 $D = 2,2 - 2,3$

FARBE: wasserhell, weiß nach Grau, gelb, fleischrot

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz/durchsichtig, auch trüb

Kristallausbildung: isometrische Formen; XX ein- oder in Drusen aufgewachsen



Aggregatform: körnig, dicht, derb

Spaltbarkeit/Bruch: muscheliger bis unebener Bruch

Bildungsweise und Vorkommen: hydrothermal

Blasenräume in basaltischen Gesteinen, Erzgänge

St. Andreasberg im Harz; České Středohoř (Böhmisches Mittelgebirge)

Ähnliche Minerale: Leucit, Granat, Sodalith

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. schmelzbar; klare Perle; im Kölbenchen Wasserabgabe; durch Säuren zersetzbar

Apophyllit, Chabasit, Desmin, Thomsonit, Calcit

Abb. Seite 165

237 Nosean $\text{Na}_8[(\text{SO}_4)(\text{AlSiO}_4)_6]$ kubisch $H = 5\frac{1}{2}$
 $D = 2,3 - 2,4$

FARBE: grau mit grünlicher, gelblicher oder blauer Tönung, weiß

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glas- bis Fettglanz/durchsichtig bis undurchsichtig

Kristallausbildung: isometrische Formen; XX klein und selten

Aggregatform: körnig, derb, Aggregate nur selten

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen/muschelig

Bildungsweise und Vorkommen: magmatisch

basische Ergußgesteine

Laacher See

Ähnliche Minerale: Sodalith, Häüyn, Lasurit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. schwer schmelzbar; durch Säuren zersetzbar

Nephelin, Leucit, Häüyn, Feldspat, Augit

238 Anthophyllit $(\text{Mg, Fe})_7[\text{OH/Si}_4\text{O}_{11}]_2$

rhombisch

$$H = 54$$
$$D = 2.9 - 3.2$$

FARBE: nelkenbraun und gelblichgrau, bräunlichgrün, seltener rötlichbraun

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glas-, Perlmuttglanz/durchscheinend

Kristallausbildung: nadelig, feinfaserig; XX selten

Aggregatform: breitstengelig, mitunter ungewöhnlich langfaserig

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen in Längsrichtung; schalige Absonderung

Bildungsweise und Vorkommen: metamorph, kontaktmetasomatisch

Glimmerschiefer, Umwandlungen aus Augit

Bodenmais in Bayern; Radautal im Harz

Ähnliche Minerale: Bronzit, Hypersthen

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. schwer schmelzbar; Säuren unwirksam

Hornblende, Biotit, Quarz, Feldspat

239 Willemitt



trigonal

$$H = 5\frac{1}{2}$$

ca. 58% Zn

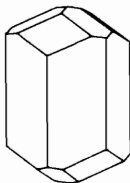
$$D = 4,0 - 4,2$$

FARBE: farblos und in allen Farben, oft grüngelb

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: fettiger Glasglanz/durchsichtig bis durchscheinend

Kristallausbildung: säulig, nadelig, sechsseitig



Aggregatform: grob- bis feinkörnig, derb

Spaltbarkeit/Bruch: deutlich/muschelig

Bildungsweise und Vorkommen: sedimentär, metamorph (spezieller Fall)

Verwitterungszone von Erzgängen

Altenberg bei Aachen

Ähnliche Minerale: Olivin, Epidot, Hornblende, Augit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. Zinkbeschlag; unschmelzbar; in Säuren gelatinierend

Smithsonit, Limonit, Zinkit, Franklinit, Rhodonit, Calcit

Abb. S. 139

240 Häüyn $(\text{Na, Ca})_{8-4}[(\text{SO}_4)_{2-1}/(\text{AlSiO}_4)_6]$ kubisch $H = 5\frac{1}{2}$
 $D = 2,4 - 2,5$

FARBE: intensiv blau, himmelblau, grünlichblau, auch gelb, rot

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz, Bruchflächen Fettglanz/durchsichtig oder trüb

Kristallausbildung: isometrische Formen; deutliche XX sehr selten

Aggregatform: körnig, derb

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen/muschelig bis uneben

Bildungsweise und Vorkommen: magmatisch

basische Ergußgesteine

Laacher See, Niedermendig (Eifel) (BRD)

Ähnliche Minerale: Sodalith, Nosean, Lasurit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. schwer schmelzbar; wird durch Salzsäure zersetzt

Nephelin, Leucit, Nosean, Feldspat, Augit

Abb. Seite 165

241 Karpholith $\text{MnAl}_2[(\text{OH})_4/\text{Si}_2\text{O}_6]$ rhombisch $H = 5\frac{1}{2}$
 (Strohstein) $D = 2,9$

FARBE: strohgelb, gelbgrün bis -braun

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Seidenglanz/durchscheinend

Kristallausbildung: nadelförmig, haarförmig; XX sehr selten

Aggregatform: strahlig, derb, büschelig, verfilzt

Spaltbarkeit/Bruch: deutlich spaltbar

Bildungsweise und Vorkommen: pneumatolytisch, metamorph

pneumatolytisch veränderte Granite, im Phyllit

Horni Slavkov (Schlaggenwald) in Böhmen, (CSSR); Wippra im Harz;

Ähnliche Minerale: –

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. leicht schmelzbar; im Kőlbchen bei hohen Temperaturen Wasserabgabe; Mn-Perle

Quarz, Fluorit, Cassiterit

242 Nephelin $\text{KNa}_3[\text{AlSiO}_4]_4$ hexagonal $H = 5\frac{1}{2} - 6$
 (Eläolith) $D = 2,6$

FARBE: farblos, grauweiß mit gelblicher, bräunlicher und rötlicher Tönung

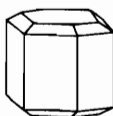
STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: XX-Flächen Glasglanz, Bruchflächen Fettglanz/undurchsichtig bis wasserklar

Kristallausbildung: kurzsäulig, dicktafelig, sechsseitig

Aggregatform: dicht, seltener derb

Spaltbarkeit/Bruch: unvollkommen/muschelig bis uneben



Bildungsweise und Vorkommen: magmatisch

Gemengteil einiger basischer Ergußgesteine, in vulkanischen Auswürflingen

Katzenbuckel im Odenwald; Löbau in Sachsen; Meiches in Hessen; Halbinsel Kola (UdSSR); Monte Somma; Vesuv

Ähnliche Minerale: Apatit, Quarz, Cordierit, Skapolith, Cancrinit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. schmelzbar; intensiv gelbe Flammenfarbe; gelatiniert in Salzsäure; beim Eindampfen kleine NaCl-Würfel
Augit, Olivin, Feldspat

Abb. S. 165

243 Aktinolith $\text{Ca}_2(\text{Mg, Fe})_5[(\text{OH, F})/\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2$
(Nephrit, Strahlstein, Asbest) monoklin

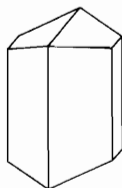
H = $5\frac{1}{2}$ – 6
D = 2,9 – 3,1

FARBE: dunkelgrün, flaschengrün, graugrün, grau

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz, Seidenglanz/durchscheinend

Kristallausbildung: langsäulig, breitstengelig, linealartig, nadelig, faserig, meist ohne Endbegrenzung



Aggregatform: radialstrahlig, parallelfaserig, verfilzt, dicht, gespinstartig, derb, grobkörnig

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen in Längsrichtung (zuweilen bis in einzelne Fasern zerlegbar)/ungewöhnlich zäh, wenn filzig

Bildungsweise und Vorkommen: metamorph

Strahlsteinschiefer, Chloritschiefer

Zillertal in Tirol; Klettigshammer (Thür.); Soboton (ČSSR)

Ähnliche Minerale: Jadeit, Turmalin, Ägirin, Epidot

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. mit zunehmendem Fe-Gehalt leichter schmelzbar; durch Salzsäure wenig angegriffen
Talk, Chlorit, Serpentin

Abb. Seite 165, 176

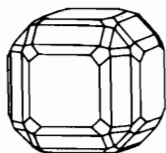
244 Perowskit CaTiO3 rhombisch $H = 5\frac{1}{2} - 6$
 $D = 4,0$

FARBE: schwarz, rötlichbraun, orange- oder honiggelb

STRICH: grauweiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Diamantglanz/gewöhnlich undurchsichtig, selten durchscheinend

Kristallausbildung: isometrische Formen



Aggregatform: körnig, feinkristallin, nierig, auch eingewachsen und derb

Spaltbarkeit/Bruch: deutlich/uneben, spröde

Bildungsweise und Vorkommen: metamorph, magmatisch

Chloritschiefer, basische Erstarrungsgesteine

Rimpfischwäng bei Zermatt; Pfitsch in den italienischen Alpen

Ähnliche Minerale: –

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. unschmelzbar; in heißer Salpetersäure löslich

Chlorit, Talk, Calcit, Melilith, Nephelin, Leucit

245 Periklas MgO kubisch $H = 5\frac{1}{2} - 6$
 $D = 3,6$

FARBE: farblos, graugrün, gelb u. a.

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz/durchscheinend bis durchsichtig

Kristallausbildung: isometrische Formen; XX klein, auf- und eingewachsen

Aggregatform: körnig, derb

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen (Würfel)

Bildungsweise und Vorkommen: kontaktmetamorph

vulkanische Auswürflinge; kontakt-

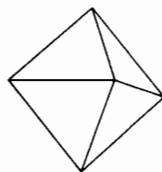
metamorphe Kalke und Dolomite

Vesuv; Långban in Schweden

Ähnliche Minerale: –

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. unschmelzbar; in Säuren schwer löslich

Calcit, Dolomit, Hausmannit



246 Anatas

TiO_2

tetragonal

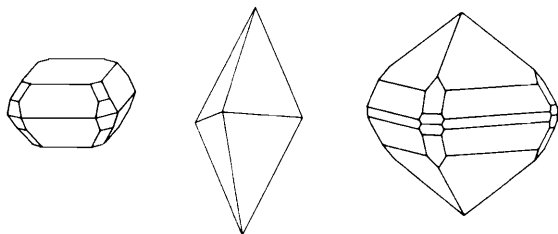
H = $5\frac{1}{2}$ – 6
D = 3,8 – 3,9

FARBE: blauschwarz, graubraun, honiggelb, selten farblos

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Diamantglanz/durchscheinend bis halbdurchsichtig

Kristallausbildung: flache, selten steilere quadratische Doppelpyramiden (Oktaeder) dicktafelig, säulig; meist einzelne, wohlausgebildete XX



Aggregatform: faserige Aggregate

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen/muschelig; spröde

Bildungsweise und Vorkommen: hydrothermal, in geringen Mengen auch als sedimentäre Neubildung

alpine Klüfte; in verwitterten Erstarrungsgesteinen, Sande, Tone

Tavetsch; St. Gotthard; Binnental; Kutná Hora (ČSSR); Bourg d'Oisans (Frankreich); Colorado (USA); Ural (UdSSR)

Ähnliche Minerale: –

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. unschmelzbar; unlöslich in Säuren
Rutil, Brookit, Ilmenit, Albit, Quarz

247 Grammatit
(Tremolit)

$\text{Ca}_2\text{Mg}_5[(\text{OH}, \text{F})/\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2$

monoklin

H = $5\frac{1}{2}$ – 6
D = 2,9 – 3,0

FARBE: weiß oder hellfarbig, grau

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glas-, Seidenglanz/durchscheinend

Kristallausbildung: säulig, stengelig, linealartig, nadelig,
haarig, faserig, meist ohne kristallographische
Endbegrenzung

Aggregatform: asbestartig, gespinstartig, strahlig, derb

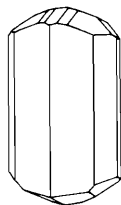
Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen in Längsrichtung

Bildungsweise und Vorkommen: metamorph

kontaktmetamorph in Kalken und Dolomiten, in kristallinen Schiefern
Campolongo im Tessin

Ähnliche Minerale: Wollastonit, Zoisit, Pektolith, Diaspor

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. schmelzbar; wird in Salzsäure
langsam zersetzt
Dolomit, Calcit



248 Rhodonit	$\text{CaMn}_4[\text{Si}_5\text{O}_{15}]$ 42% Mn	triklin	H = $5\frac{1}{2}$ – $6\frac{1}{2}$ D = 3,4 – 3,7
---------------------	---	---------	--

FARBE: rosa, braunrot, unfrisch schwarzfleckig

STRICH: weiß bis rötlichweiß

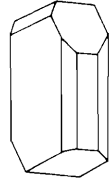
GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz, Spaltflächen Perlmuttglanz/durchscheinend bis durchsichtig

Kristallausbildung: tafelig, kurzsäulig; XX selten

Aggregatform: derb, körnig, spätig, dicht

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen/muschelig; spröde

Bildungsweise und Vorkommen: sedimentär, metamorph, hydrothermal
bankartig in Ton- und Kieselschiefer eingeschaltet
Erzgänge, metamorphe Manganlagerstätten
Ural (UdSSR); Långban und Pajsber
(Schweden); Franklin Furnace (USA)



Ähnliche Minerale: Rhodochrosit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. bei mäßiger Hitze schwarz werdend und leicht schmelzbar; in Säuren unlöslich
Braunit, Hausmannit, Manganit, Franklinit, Zinkit, Calcit

Abb. Seite 166

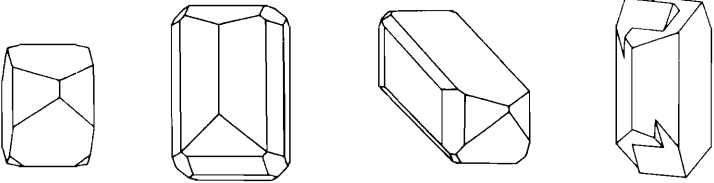
249 Mikroklin	$\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$	triklin	
250 Orthoklas	$\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$	monoklin	H = 6
251 Sanidin	$\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$	monoklin	D = 2,53 – 2,56

FARBE: farblos, weiß, erbsgelb, grünlich, oft fleisch- und bräunlichrot, selten smaragdgrün

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Perlmuttglanz, Glasglanz/wasserklar durchsichtig oder trüb und undurchsichtig

Kristallausbildung: säulig, tafelig, häufig verzwilligt; XX auf- und eingewachsen



Aggregatform: körnig, spätig, derb

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen bis weniger vollkommen nach zwei aufeinander senkrechten bzw. fast senkrechten Richtungen/muschelig, splitterig, uneben

Bildungsweise und Vorkommen: magmatische Abfolge, metamorph
wesentlicher Gemengteil vieler Gesteine, in Pegmatiten und auf Klüften allverbreitet

Ähnliche Minerale: Plagioklas

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. an den Kanten schwer abrundbar;
in Flußsäure und Alkalilauge löslich
Plagioklas, Quarz, Biotit, Muskovit

Abb. Seite 166, 172

252 Zoisit $\text{Ca}_2\text{Al}_3[\text{O}/\text{OH}/\text{SiO}_4/\text{Si}_2\text{O}_7]$

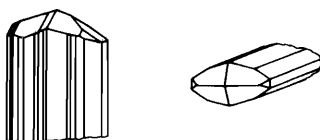
rhombisch $\text{H} = 6$
 $\text{D} = 3,3 - 3,4$

FARBE: aschgrau, auch grün, rosa, rotbraun

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz/meist trüb und undurchsichtig

Kristallausbildung: säulig, nadelig, breitstengelig, gekrümmt, meist ohne kristallographische Endbegrenzung



Aggregatform: stengelig, strahlig bis faserig, derb, spätig

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen/uneben

Bildungsweise und Vorkommen: metamorph

Umwandlungsgesteine (kristalline Schiefer, kontaktmetamorphe Kalksilikatfelse)

Gefrees im Fichtelgebirge; Maršov (Marschendorf, ČSSR); Saualpe in Kärnten; Rauris in Salzburg; Vipiteno (Sterzing) und Val Passiria (Passeier) in Südtirol; Zermatt im Wallis

Ähnliche Minerale: Tremolit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. unter Aufblähen zu durchsichtiger Perle schmelzend; Perle wird durch Salzsäure zersetzt
Hornblende, Granat, Vesuvian, Epidot, Disthen, Feldspat, Quarz, Fluorit, Magnetkies

253 Amblygonit $\text{LiAl}[(\text{F}, \text{OH})/\text{PO}_4]$ triklin
 $8-10\% \text{LiO}_2$

$\text{H} = 6$
 $\text{D} = 3 - 3,1$

FARBE: weiß, öfter grünlich, bläulich oder gelblich getönt

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz, auf Spaltflächen Perlmuttglanz/durchscheinend

Kristallausbildung: XX selten

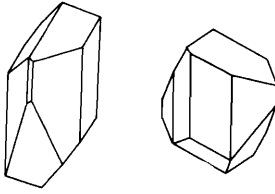
Aggregatform: grobkörnig, dicht, derb, spätig

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen bis deutlich (feldspatähnlich)/uneben bis muschelrig

Bildungsweise und Vorkommen: pegmatitisch-pneumatolytisch

Pegmatite, Pneumatolyte; Zinnsteingänge

Arnsdorf und Chursdorf bei Penig; Aš (ČSSR); Indien; USA; Brasilien

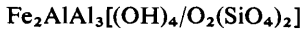


Ähnliche Minerale: Feldspate, Calcit, Baryt, Petalit, Spodumen

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. leicht zu Kugel schmelzend; gelbrote Flammenfarbe

Apatit, Spodumen, Lithionit, Turmalin, Topas, Albit, Cassiterit

254 Chloritoid
(Ottrelith)



monoklin

H = 6

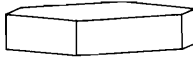
D = 3,4 – 3,6

FARBE: dunkelgrün bis schwarz

STRICH: grünlichweiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz/dünne Plättchen durchscheinend

Kristallausbildung: tafelig, linsenförmig, spindelförmig, sechsseitig



Aggregatform: eingesprengt, derb, blättrig, schuppig, büschelig

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen spaltbar, spröde

Bildungsweise und Vorkommen: metamorph

Umwandlungsgesteine der obersten Zone

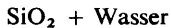
Prägraten in Tirol; Zermatt, Saas und Lukmanier in den Südalpen; im Vogtland

Ähnliche Minerale: Chlorit, zuweilen Biotit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. schwer schmelzbar; nach dem Glühen magnetisch; im Kölbchen Wasserabgabe; von Säuren wenig zersetzbar

Korund, Granat, Chlorit, Hornblende, Diaspor, Glaukophan

255 Opal



amorph

H = 5½ – 6½

D = 1,9 – 2,5

FARBE: farblos, durch Beimengungen auch gelb, grün, rot, braun und schwarz

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz, poröse Massen haben Wachsglanz oder erscheinen matt/durchsichtig bis durchscheinend

Kristallausbildung: amorph

Aggregatform: traubig, nierig, stalaktitisch, plattig, krustig, derb; in Knollen, Konkretionen, Adern, aber auch locker, erdig und gelartig

Spaltbarkeit/Bruch: muschelig; mild bis sehr spröde

Bildungsweise und Vorkommen: sedimentär, hydrothermal

Zersetzungsprodukt silikatischer Gesteine; Sinterbildung heißer Quellen;
Versteinerungen

Kaiserstuhl; Prešov (ČSSR); Ungarn; Australien; UdSSR; USA u. a.

Ähnliche Minerale: Chalcedon

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. unschmelzbar, wird rissig; Wasser-
abgabe im geschlossenen Röhrchen; löslich in KOH; Sodaschmelze braust
auf

Cristobalit, Chalcedon, Feuerstein

Abb. Seite 166, 176

Plagioklasreihe

256 Albit

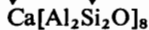
257 Oligoklas

258 Andesin

259 Labradorit

260 Bytownit

261 Anorthit



triklin

$$H = 6 - 6\frac{1}{2}$$

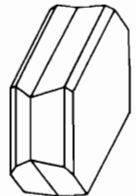
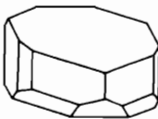
$$D = 2,61 - 2,76$$

FARBE: weiß, grauweiß, grünlich, bläulich, rötlich

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz, Perlmuttglanz/durchsichtig bis durch-
scheinend

Kristallausbildung: säulig, tafelig; Wiederholungszwillinge



Aggregatform: körnig, spätig, derb

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen bis weniger vollkommen in fast senkrecht auf-
einanderstehenden Richtungen spaltbar

Bildungsweise und Vorkommen: magmatische Abfolge, metamorph
gesteinsbildend, in Pegmatiten und auf Klüften;
allverbreitet

Ähnliche Minerale: Baryt, Amblygonit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. schmelzbar; meist gelbe Flammen-
farbe; in Säuren unterschiedliche Löslichkeit
je nach Chemismus verschiedene Begleiter

Abb. Seite 167, 172

262 Ägirin NaFe[Si2O6] monoklin $H = 6 - 6\frac{1}{2}$
(Akmit) $D = 3,4 - 3,6$

FARBE: grünlichschwarz, bräunlichschwarz, dunkelgrün

STRICH: gelblichgrau bis dunkelgrün

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glas-, Harzglanz/undurchsichtig, kantendurchscheinend

Kristallausbildung: kurzsäulig, nadelig, meist spitze Enden,
XX zuweilen sehr groß

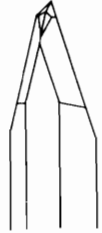
Aggregatform: körnig, faserig

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen/uneben

Bildungsweise und Vorkommen: magmatisch, pegmatitisch
gesteinsbildend in manchen Erstarrungsgesteinen
und deren Pegmatiten
Ditro in Rumänien;
Halbinsel Kola; Längesundfjord
(Norwegen)

Ähnliche Minerale: Hornblende

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. leicht zu schwarzer, magnetischer
Kugel schmelzend; intensiv gelbe Flammenfarbe
Arfvedsonit, Barkevikit, Leucit, Nephelin, Sodalith



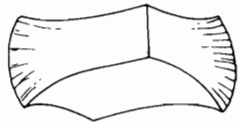
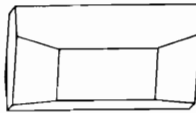
263 Prehnit Ca2Al[(OH)2/AlSi3O10] rhombisch $H = 6 - 6\frac{1}{2}$
 $D = 2,8 - 3,0$

FARBE: farblos, weiß, grau, leicht grün oder gelblichgrün

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz/durchsichtig bis durchscheinend

Kristallausbildung: tafelig, kurzsäulig, kurznaelgig; XX sehr selten



Aggregatform: hahnenkammartig, fächerförmig, nierig, traubig, kugelig, derb

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen/uneben

Bildungsweise und Vorkommen: hydrothermal
auf Klüften, Gangtrümmern, in Drusen, Blasenräumen basischer Erguß-
gesteine und in kristallinen Schiefern
Schnellbach (Thür.); Bad Harzburg; Oberstein; Haslach im Schwarzwald;
Nassau

Ähnliche Minerale: Beryll, Aragonit, Wavellit, Desmin

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. unter Aufblähen schmelzend; ge-
schmolzen mit Salzsäure gelatinierend
Zeolithe, Epidot, Calcit

Abb. Seite 167

264 Chondroit $\text{Mg}_5[(\text{OH}, \text{F})_2(\text{SiO}_4)_2]$ $\text{H} = 6 - 6\frac{1}{2}$
monoklin $\text{D} = 3,1 - 3,2$

FARBE: hellfarben bis rötlichbraun

STRICH: weiß

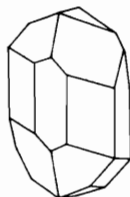
GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glas-, Harzglanz/durchsichtig bis durchscheinend

Kristallausbildung: kurzsäulig, meist flächenreich

Aggregatform: eingesprengt, körnig, derb

Spaltbarkeit/Bruch: deutlich/muschelig

Bildungsweise und Vorkommen: kontaktmetamorph
vulkanische Auswürflinge, kontaktmetamorphe
Kalke, Erzlager
Boden b. Marienberg (Erzgeb.); Wunsiedel;
Passau; Vogesen



Ähnliche Minerale: Olivin, Cancrinit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. unschmelzbar, mit Schwefelsäure
Fluorreaktion
Magnetit, Sphalerit, Galenit, Chalkopyrit, Spinell, Hornblende, Vesuvian,
Graphit, Biotit

265 Glaukophan $\text{Na}_2\text{Mg}_3\text{Al}_2[(\text{OH}, \text{F})/\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2$ $\text{H} = 6 - 6\frac{1}{2}$
monoklin $\text{D} = 3,0 - 3,2$

FARBE: blaugrau, lavendelblau bis schwärzlichblau

STRICH: bläulichgrau

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz/durchscheinend

Kristallausbildung: stengelig, faserig, selten Endflächen; XX eingewachsen

Aggregatform: stengelig, körnig, derb

Spaltbarkeit/Bruch: deutlich in Längsrichtung/uneben bis muschelig

Bildungsweise und Vorkommen: Metamorphe Gesteine
Zermatt in der Schweiz

Ähnliche Minerale: Disthen

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. leicht schmelzbar; grauweißes
Glas; von Säuren kaum angegriffen
Granat, Epidot, Chlorit, Biotit

266 Vesuvian komplexes Kalziumsilikat $\text{H} = 6\frac{1}{2}$
(Idokras) tetragonal $\text{D} = 3,34 - 3,44$

FARBE: gelb, grau, grün, braun, schwarz, blau, rot, rosa

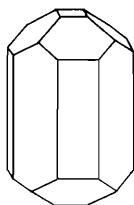
STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz, Fettglanz/durchsichtig bis durchscheinend

Kristallausbildung: säulig, selten nadelig oder tafelig

Aggregatform: körnig, dicht, strahlig, gestreift, derb

Spaltbarkeit/Bruch: unvollkommen/uneben, splitterig



Bildungsweise und Vorkommen: metamorph, kontaktmetamorph
 Kontaktgesteine, auf Klüften in Umwandlungsgesteinen
 Auerbach an der Bergstraße; Cheb (Eger, ČSSR);
 Göpfersgrün im Fichtelgebirge; Arendal
 (Norwegen); Predazzo (Italien); Achmatowsk
 (Ural, UdSSR)

Ähnliche Minerale: Grossular, Zirkon, Cassiterit, Turmalin, Rutil, Skapolith

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. schmelzbar; nach dem Glühen durch Salzsäure zersetzbar
 Calcit, Diopsid, Klinochlor, Magnetit, Pyrit, Pyrrhotin, Sphalerit, Galenit, Granat, Wollastonit

Abb. Seite 167

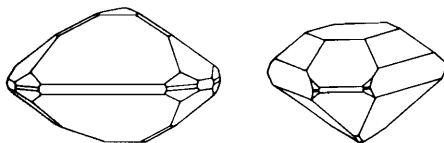
267 Benitoit $\text{BaTi}[\text{Si}_3\text{O}_9]$ trigonal $H = 6\frac{1}{2}$
 $D = 3,7$

FARBE: blau, hell- bis dunkelsaphirblau

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: starker Glasglanz/durchsichtig bis durchscheinend

Kristallausbildung: pyramidenartig, dreiseitig



Aggregatform: bildet keine Aggregate

Spaltbarkeit/Bruch: unvollkommen/muschelig; spröde

Bildungsweise und Vorkommen: metamorph
 Gänge im Serpentin (Umwandlungsgestein)
 Kalifornien; San Benito County (USA)

Ähnliche Minerale: –

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. leicht zu durchsichtigem Glas schmelzend; in Salz- und Schwefelsäure sehr schwer löslich
 Neptunit, Anatas, Hornblende, Natrolith

Abb. Seite 168

268 Petalit (Kastor)	$\text{Li}[\text{AlSi}_4\text{O}_{10}]$ 2,2% Li	monoklin	H = 6½ D = 2,4
--------------------------------	--	----------	-------------------

FARBE: farblos, weiß, rötlich, grau

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz/durchsichtig bis durchscheinend

Kristallausbildung: säulig, dicktafelig, löcherige Oberfläche; XX sehr selten

Aggregatform: körnig, grobspätig, blätterig, derb, dicht

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen spaltbar

Bildungsweise und Vorkommen: pegmatitisch

Pegmatite

Insel Elba; Insel Utö; Varuträsk in Schweden

Ähnliche Minerale: Amblygonit, Feldspat

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. schwer zu trüber Perle schmelzbar; rote Flammenfarbe; in Säuren unlöslich

Turmalin, Spodumen, Lepidolith, Arsenopyrit

269 Sillimanit	$\text{Al}_2[\text{O}/\text{SiO}_4]$	rhombisch	H = 6 – 7 D = 3,2
-----------------------	--------------------------------------	-----------	----------------------

FARBE: gelblichgrau, graugrün, bräunlich

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz/durchsichtig bis durchscheinend

Kristallausbildung: keine XX

Aggregatform: faserig, stengelig, filzig, strahlig, derb

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen/uneben

Bildungsweise und Vorkommen: metamorph

Gneis, Glimmerschiefer und andere Umwandlungsgesteine

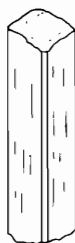
Bodenmais in Bayern; Freiberg in Sachsen

Ähnliche Minerale: Disthen

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. unschmelzbar;

mit Kobaltnitratlösung gegläut blau; in Säuren unlöslich

Cordierit, Zirkon, Granat, Chrysoberyll, Korund, Spinell



GRUPPE III · Nichtmetallisch/sehr hart

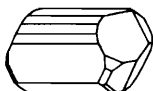
270 Epidot $\text{Ca}_2(\text{Al, Fe})\text{Al}_2[\text{O/OH/SiO}_4/\text{Si}_2\text{O}_7]$
monoklin H = 6 – 7
D = 3,35 – 3,38

FARBE: grün in verschiedenen Tönen, selten gelb, schwarz und grau

STRICH: grau

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: starker Glasglanz/meist undurchsichtig

Kristallausbildung: langsäulig, breitstengelig, nadelig, flächenreich



Aggregatform: stengelig, körnig, dicht, derb, plattig, strahlig, büschelig

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen bis deutlich/muschelig, uneben, splitterig

Bildungsweise und Vorkommen: kontaktmetamorph, metamorph, hydrothermal
Umwandlungsgesteine (Epidotfels, kristalline Schiefer, kontaktmetamorphe Kalke)

Zillertal; Knappenwand im Untersulzbachtal; Zermatt

Ähnliche Minerale: Strahlstein, Turmalin

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. unter Aufblähen zu brauner, magnetischer Schlacke schmelzend; nach dem Glühen durch Salzsäure zersetzbar

Quarz, Adular, Albit, Axinit, Diopsid, Apatit, Granat, Vesuvian, Hornblende

Abb. Seite 168

271 Axinit $\text{Ca}_2(\text{Fe, Mn})\text{Al}_2[\text{OH/BO}_3/\text{Si}_4\text{O}_{12}]$
triklin H = $6\frac{1}{2}$ – 7
D = 3,3

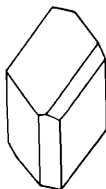
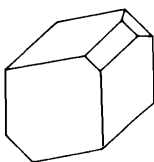
FARBE: graubraun, rot, rosa, violett-blau, weiß, grau, gelb, grünlichgrau

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz/durchsichtig bis durchscheinend

Kristallausbildung: tafelig, scharfkantig, linsenförmig, keilförmig;

XX aufgewachsen



Aggregatform: derb, schalig, breitstengelig, spätig

Spaltbarkeit/Bruch: deutlich/muschelig bis uneben

Bildungsweise und Vorkommen: kontaktpneumatolytisch, -metasomatisch, hydrothermal

in kontaktmetamorphen Kalken, in Graniten und ihrer Umgebung auf Klüften

Schwarzenberg in Sachsen; Treseburg, Wormke, St. Andreasberg im Harz

Ähnliche Minerale: –

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. leicht unter Aufblähen zu dunkelgrüner Perle schmelzend, grüne Flammenfarbe, Schmelzperle gelatiniert in Salzsäure

Turmalin, Granat, Beryll, Magnetit, Prehinit, Quarz, Feldspat, Epidot, Calcit

Abb. Seite 168

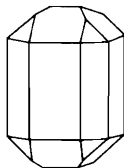
272 Olivin	(Mg, Fe) ₂ [SiO ₄]	rhombisch	H = 6½ – 7 D = 3,3 – 3,5
-------------------	---	-----------	-----------------------------

FARBE: ölgrün, flaschengrün, gelblich, braun, rotbraun, selten grau oder farblos

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz/durchsichtig bis durchscheinend

Kristallausbildung: säulig, tafelig; XX meist klein



Aggregatform: körnig, dicht, derb

Spaltbarkeit/Bruch: deutlich/muschelig

Bildungsweise und Vorkommen: magmatisch, kontaktmetasomatisch
gesteinsbildend in dunklen Erstarrungsgesteinen, Verdrängungen in Kalk
und Dolomit

Dreiser Weiher bei Draun in der Eifel (BRD)

Ähnliche Minerale: Chrysoberyll

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. nur bei Eisenreichtum schmelzbar;
wird von Salzsäure zersetzt

Bronzit, Diallag, Spinell, Chromdiopsid

Abb. Seite 168

273 Spodumen	LiAl[Si ₂ O ₆] 5-7% Li ₂ O	monoklin	H = 6½ - 7 D = 3,1 - 3,2
---------------------	---	----------	-----------------------------

FARBE: grauweiß mit grünlicher oder gelblicher Tönung, violett und in verschiedenen Farben

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz/durchscheinend

Kristallausbildung: säulig, breitstengelig, dicktafelig; zuweilen sehr große XX

Aggregatform: spätig, feldspatähnlich

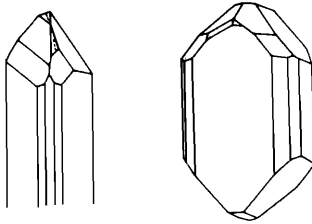
Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen in Längsrichtung spaltbar

Bildungsweise und Vorkommen: pegmatitisch-pneumatolytisch

Granitpegmatite

Penig(Sachs.); Insel Utö und Varuträsk in Schweden

Ähnliche Minerale: Feldspat, Skapolith, Amblygonit



Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. unter Aufblähen leicht schmelzbar, rote Flammenfarbe
Amblygonit, Turmalin, Beryll, Cassiterit, Magnetit, Triphylin, Quarz, Albit

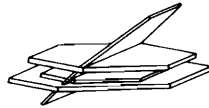
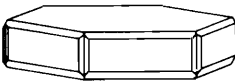
274 Tridymit SiO_2 hexagonal/rhombisch $H = 6\frac{1}{2} - 7$
D = 2,27

FARBE: weiß oder grauweiß, farblos

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz/durchsichtig bis durchscheinend

Kristallausbildung: sechsstellige Tafeln, fächerartige Drillinge; XX aufgewachsen



Aggregatform: schuppig, gruppiert

Spaltbarkeit/Bruch: muscheliger Bruch

Bildungsweise und Vorkommen: pneumatolytisch-exhalativ
auf Klüften und in Hohlräumen heller Ergußgesteine
Drachenfels und Perlenhardt im Siebengebirge (BRD)

Ähnliche Minerale: –

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. unschmelzbar; in heißer Soda-
lösung löslich
Cristobalit

275 Jadeit $\text{NaAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$ monoklin $H = 6\frac{1}{2} - 7$
D = 3,2 – 3,4

FARBE: apfelgrün, weiß, grünlichblau

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz/kantendurchscheinend

Kristallausbildung: XX unbekannt

Aggregatform: dicht, filzig, körnig, faserig, derb

Spaltbarkeit/Bruch: ungewöhnlich zäh

Bildungsweise und Vorkommen: metamorph
metamorphe Gesteine
Neuenburger See in der Schweiz; China; Tibet

Ähnliche Minerale: Nephrit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. zu klarer Perle schmelzend;
Schmelzperle wird durch Salzsäure zersetzt

279 Almandin: $X = \text{Fe}^{2+}, Y = \text{Al}$

FARBE: kolumbinrot, rot, braun, seltener schwarz

280 Spessartin: $X = \text{Mn}^{2+}, Y = \text{Al}$

FARBE: gelb, rotbraun

281 Grossular: $X = \text{Ca}, Y = \text{Al}$

FARBE: farblos, weiß, hellgrün, hyazinthrot (Hessonit)

282 Andradit: $X = \text{Ca}, Y = \text{Fe}^{3+}$

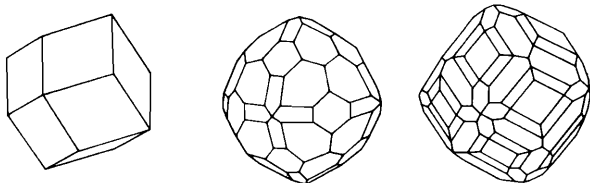
FARBE: braun, auch farblos, grün und schwarz

283 Uwarowit: $X = \text{Ca}, Y = \text{Cr}^{3+}$

FARBE: dunkelsmaragdgrün

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz, Fettglanz, Harzglanz/durchsichtig bis undurchsichtig

Kristallausbildung: isometrische Formen; XX auf- und eingewachsen



Aggregatform: dicht, körnig, derb

Spaltbarkeit/Bruch: sehr vollkommen/muschelig bis splitterig

Bildungsweise und Vorkommen: metamorph, gelegentlich auch magmatisch und pegmatitisch (Spessartin)

Umwandlungsgesteine (Gneise, kontaktmetamorphe Kalke), zuweilen in Erstarrungsgesteinen (Granit)

Pyrop: Zöblitz im Erzgebirge; Severní Čechy (Nordböhmen)

Almandin: im Erzgebirge verbreitet

Spessartin: Aschaffenburg im Spessart; Ilfeld im Harz

Grossular: Auerbach an der Bergstraße; St. Andreasberg im Harz

Andradit: Schwarzenberg und Breitenbrunn in Sachsen

Uwarowit: Ural

Ähnliche Minerale: Vesuvian, Sphalerit, Rubin, Zirkon

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. nur Uwarowit unschmelzbar; nach dem Glühen durch Salzsäure zersetzbar
Feldspat, Quarz, Biotit, Chlorit

Abb. Seite 168

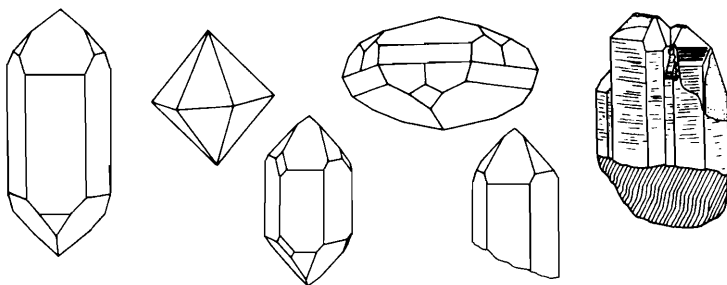
284 Quarz	SiO ₂	hexagonal/trigonal	H = 7 D = 2,65
-----------	------------------	--------------------	-------------------

FARBE: farblos, weiß und verschieden gefärbt

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz, Fettglanz/trübe und durchsichtig

Kristallausbildung: säulig, nadelig, pyramidenförmig; XX sechseitig; Durchwachsungszwillinge



Aggregatform: dicht, faserig, stengelig, körnig, derb, XX ein- und aufgewachsen, Gruppen, Drusen

Spaltbarkeit/Bruch: oft nicht wahrnehmbar/muschelig; spröde

Bildungsweise und Vorkommen: Durchläufermineral

gesteinsbildend in Erstarrungsgesteinen (nach Feldspaten das häufigste Mineral), Umwandlungsgesteine und Absatzgesteine; Gangart in vielen Erzgängen; Pegmatite; alpine Klüfte; Hohlraumauskleidung vieler sogenannter Mandelsteine etc.

klare XX: in den Schweizer Alpen und an vielen anderen Orten; dichte Abarten: Schlottwitz, Halsbach, Gmandstein, Wechselburg in Sachsen; Idar-Oberstein an der Nahe, Schneekopf im Thüringer Wald

Ähnliche Minerale: Cordierit, Nephelin, Phenakit, Beryll, Topas, Prehnit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. unschmelzbar; in Flußsäure schwer, in anderen Säuren nicht löslich, mit fast jedem Mineral vergesellschaftet, dagegen nur in Ausnahmefällen mit Olivin, Nephelin, Nosean, Sodalith, Melilith

a) grobkristalline Abarten:

farblos – Bergkristall

gelb – Citrin

lichtrosarot – Rosenquarz

violett – Amethyst

rauchbraun – Rauchquarz

schwarz – Morion

weiß, grauweiß – gemeiner Quarz

b) feinkristalline Abarten:

1) *Chalcedon*

milchigweiß – gemeiner Chalcedon

verschiedenfarbig gebändert – Achat

gelb bis rot – Carneol

braun, rot durchscheinend – Sarder

grün – Chrysopras

2) *Jaspis*

gelb, rot, braun – gemeiner Jaspis
 lauchgrün – Plasma
 lauchgrün mit roten Punkten – Heliotrop
 graubraun bis grauschwarz – Hornstein, Feuerstein

Abb. Seiten 146, 169, 170, 171

**285 Kornerupin
(Prismatin)**

Borsilikat rhombisch

H = 7
 D = 3,3

FARBE: weiß bis braungelb, grün

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz/durchsichtig bis undurchsichtig

Kristallausbildung: prismenförmig, säulig; XX eingewachsen

Aggregatform: derb, dünnstengelig, strahlig

Spaltbarkeit/Bruch: deutlich

Bildungsweise und Vorkommen: metamorph

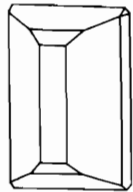
Al-reiche Gneise

Waldheim in Sachsen

Ähnliche Minerale: –

Weitere Merkmale und Begleitminerale: Borreaktion

Feldspat, Biotit, Cordierit



286 Andalusit

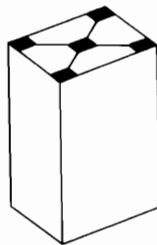
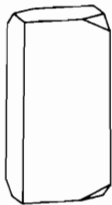
$\text{Al}_2[\text{O}/\text{SiO}_4]$ rhombisch

H = 7 – $7\frac{1}{2}$
 D = 3,1 – 3,2

FARBE: farblos, grau, gelb, braun, rosa, rot, dunkelgrün

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: meist Mattglanz, Glasglanz/meist undurchsichtig bis durchscheinend



Kristallausbildung: säulig, nadelig, kreuzförmige Pigmentanhäufung im Querbruch

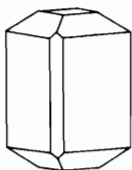
Aggregatform: strahlig, stengelig, faserig, körnig, derb

Spaltbarkeit/Bruch: deutlich/uneben

Bildungsweise und Vorkommen: kontaktmetamorph, pegmatitisch

Umwandlungsgesteine (besonders in ehemaligen Sedimenten), in Pegmatiten

Wunsiedel und Neualbenreuth in Bayern; Bergen im Vogtland; Gefrees im Fichtelgebirge



Ähnliche Minerale: Quarz, Nephelin

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. nur an den Kanten abrundbar; nach Glühen mit Kobaltnitratlösung Blaufärbung; von Säuren kaum angegriffen

Granat, Turmalin, Korund, Spinell, Sillimanit

289 **Turmalin** komplexes Borsilikat trigonal
$$\begin{aligned} H &= 7 - 7\frac{1}{2} \\ D &= 2,9 - 3,25 \end{aligned}$$

FARBE: verschiedenfarbig, danach Abarten:

farblos bis zart grün – Achroit

rot – Rubellit

blau – Indigolith

grün – Verdelith

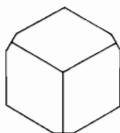
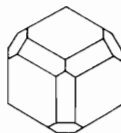
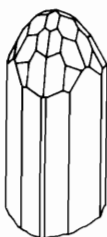
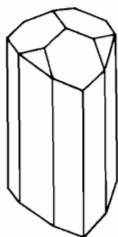
braun bis braunschwarz – Dravit

schwarz – Schörl

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz, zuweilen pechartig/durchsichtig bis undurchsichtig

Kristallausbildung: säulig bis nadelig, oft längsgestreift



Aggregatform: radialstrahlig, stengelig, faserig, dicht, selten derb

Spaltbarkeit/Bruch: muschelig/uneben, splitterig

Bildungsweise und Vorkommen: pneumatolytisch

in Graniten, Pegmatiten, Drusen; auf Erzgängen und alpinen Klüften

Brockengebiet im Harz; Eibenstock in Sachsen; Amerika bei Penig in Sachsen; Wolkenstein

Ähnliche Minerale: Epidot, Ilvait, Beryll, Augit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. schmelzbar bis unschmelzbar; wird von Säuren erst nach Glühen zersetzt; Bor-Reaktion

Granat, Beryll, Topas, Quarz, Orthoklas, Cassiterit, Fluorit, Apatit

Abb. Seite 172

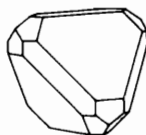
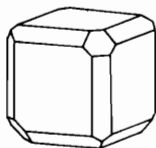
290 Boracit $\text{Mg}_3[\text{Cl}/\text{B}_7\text{O}_{13}]$ rhombisch $H = 7 - 7\frac{1}{2}$
(Staßfurtit = knollig) $> 265^\circ\text{C}$ kubisch $D = 2,9 - 3$

FARBE: farblos bis leicht bläulich oder grün, auch grau und gelblich

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: starker Glasglanz/durchsichtig bis durchscheinend, oberflächlich getrübt

Kristallausbildung: isometrisch (Sechs-, Zwölf-, Vierflächner)



Aggregatform: faserig, erdig, feinkörnig, dicht, kreideartig, knollig, derb, eingewachsen

Spaltbarkeit/Bruch: muschelig; spröde

Bildungsweise und Vorkommen: sedimentär

Salzgesteine

Staßfurt; Westeregeln; bei Bernburg; Sollstedt-Bleicherode

Ähnliche Minerale: –

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. schwer schmelzbar; grüne Flammenfarbe, Bor-Reaktion; in Salzsäure langsam löslich
Gips, Anhydrit, Carnallit, Halit

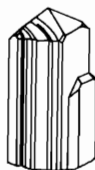
291 Danburit $\text{Ca}[\text{B}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$ rhombisch $H = 7 - 7\frac{1}{2}$
 $D = 2,9 - 3,0$

FARBE: farblos, gelblichweiß, weingelb, dunkelbraun

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: fettartiger Glasglanz/durchscheinend

Kristallausbildung: säulig, XX aufgewachsen



Aggregatform: derb

Spaltbarkeit/Bruch: undeutlich/uneben bis muschelig

Bildungsweise und Vorkommen: pneumatolytisch, sedimentär
auf Klüften und Gängen in metamorphen Gesteinen,
in Salzgesteinen
Piz Valatscha in Graubünden

Ähnliche Minerale: Topas, Datolith, Colemanit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. schmelzbar;
grüne Flammenfarbe;
Schmelzkugel gelatiniert in Salzsäure
Calcit, Dolomit, Glimmer, Chlorit, Augit, Quarz, Turmalin

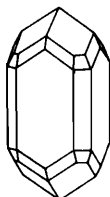
292 Zirkon $\text{Zr}[\text{SiO}_4]$ tetragonal $H = 7\frac{1}{2}$ (auch 6)
 $67\% \text{ZrO}_2$, bis $6\% \text{HfO}_2$ $D = 4,7$ (auch 3,8)

FARBE: gewöhnlich braun und braunrot, manchmal gelb, grau, grün und farblos

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: diamantartiger Glanz, Bruchflächen Fettglanz/manche Abarten durchsichtig bis durchscheinend, im allgemeinen trübe und undurchsichtig

Kristallausbildung: säulig, nadelig, pyramidenartige Endbegrenzung



Aggregatform: körnig bis feinkörnig, kaum Aggregate

Spaltbarkeit/Bruch: unvollkommen/muschelig; spröde

Bildungsweise und Vorkommen: magmatisch, pegmatitisch, metamorph
 Erstarrungsgesteine, Pegmatite, auf Klüften in Umwandlungsgesteinen
 Siebengebirge; Niedermendig in der Eifel; Jizerská Jouka (ČSSR); Miask,
 Ural (UdSSR)

Ähnliche Minerale: Vesuvian, Titanit, Cassiterit, Granat, Rutil

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. unschmelzbar; in Säuren unlöslich;
 von Alkalikarbonat- und Kaliumhydrogensulfatschmelze aufgeschlossen
 Hornblende, Augit, Granat, Titanit, Chlorit, Korund, Spinell

Abb. Seite 172

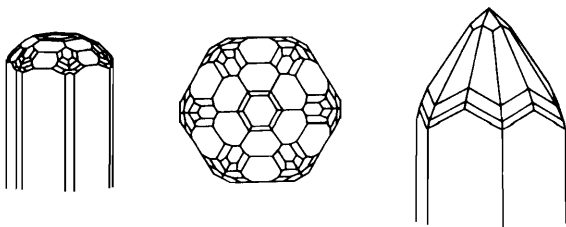
293 Beryll $\text{Al}_2\text{Be}_3[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$ hexagonal $H = 7\frac{1}{2} - 8$
 $5\% \text{Be}$ $D = 2,6 - 2,9$

FARBE: wasserhell mit Stich ins Grünliche, smaragd-, gelb-, blaugrün, wachsgelb,
 blau, rosenrot

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: matter Glasglanz/durchsichtig bis durchscheinend

Kristallausbildung: säulig, nadelig, selten tafelig, sechseckig; XX meist eingewachsen



Aggregatform: stengelig, faserig, derb

Spaltbarkeit/Bruch: deutlich, senkrecht zur Längsrichtung/muschelig bis uneben
 spröde

Bildungsweise und Vorkommen: pegmatitisch, metamorph

Granitpegmatite, eingewachsen in Umwandlungsgesteinen

Horní Slavkov (Schlaggenwald); Ehrenfriedersdorf im Erzgebirge; Zwiesel in Bayern

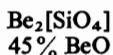
Ähnliche Minerale: Apatit, Turmalin, Quarz, Topas, Prehnit, Chrysoberyll

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. an den Kanten schwer schmelzbar; in Säuren unlöslich

Turmalin, Topas, Cassiterit; Chrysoberyll, Phenakit, Triphylin, Fluorit, Quarz, Feldspat

Abb. Seite 173, 174

294 Phenakit



trigonal

H = $7\frac{1}{2}$ – 8

D = 3,0

FARBE: farblos, weingelb, rosa, braun

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glas-, Fettglanz/durchsichtig

Kristallausbildung: säulig, meist sechsseitig; XX aufgewachsen

Aggregatform: Aggregate unbekannt

Spaltbarkeit/Bruch: muscheliger bis unebener Bruch; spröde

Bildungsweise und Vorkommen: hydrothermal, pneumatolytisch auf Klüften im Granit

Ehrenfriedersdorf (Erzgeb.); Kragerø (Norwegen);

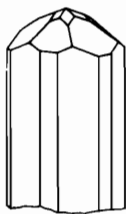
Tokawaja, Ural (UdSSR); Framont in den Vogesen;

Reckingen im Wallis

Ähnliche Minerale: Quarz, Topas

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. unschmelzbar; mit Borax klare Perle; in Säuren unlöslich

Beryll, Chrysoberyll, Apatit, Topas, Turmalin, Feldspat, Quarz



295 Gahnit (Zinkspinell)



kubisch

H = $7\frac{1}{2}$ – 8

D = 4,0 – 4,6

FARBE: dunkelgrün, graugrün bis grünlichschwarz

STRICH: grau

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz/halbdurchsichtig

Kristallausbildung: achtfächig; XX eingewachsen

Aggregatform: körnig, derb

Spaltbarkeit/Bruch: deutlich (Oktaeder)/muschelig

Bildungsweise und Vorkommen: metamorph

Talkschiefer, Cordieritgneise, metamorphe Kalke

Bodenmais in Bayern

Ähnliche Minerale: Chalkopyrit, Sphalerit, Franklinit

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. unschmelzbar; mit Soda Zn-Beschlag; in Säuren unlöslich

Chalkopyrit, Pyrit, Galenit, Sphalerit, Arsenopyrit, Pyrrhotin

296 Topas

$\text{Al}_2[\text{F}_2/\text{SiO}_4]$ rhombisch

H = 8

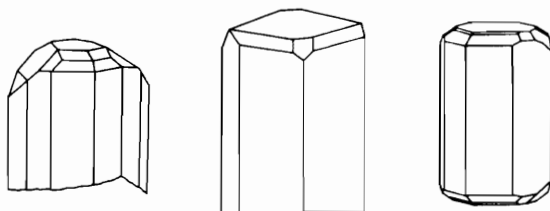
D = 3,5 – 3,6

FARBE: farblos, hellgelb, weingelb, strohgelb, violett, grau, rosa, blau, rot

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz, Perlmuttglanz auf Spaltflächen/durchsichtig bis durchscheinend

Kristallausbildung: säulig, flächenreich; XX auf- und eingewachsen



Aggregatform: strahlig, stengelig, dicht, derb

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen, quer zur Längserstreckung/muschelig bis uneben

Bildungsweise und Vorkommen: pneumatolytisch

an Granite und Zinnsteingänge geknüpft

Schneckenstein im Vogtland; Altenberg und Ehrenfriedersdorf (Erzgeb.);

Ural; Brasilien

Ähnliche Minerale: Phenakit, Korund, Aragonit, Datolith, Beryll

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. unschmelzbar; mit Phosphorsalz erhitzt: Fluor-Reaktion

Quarz, Feldspat, Cassiterit. Glimmer, Fluorit, Turmalin

Abb. Seite 173, 174

297 Spinell

MgAl_2O_4

kubisch

H = 8 (–7)

(Magnesiospinell)

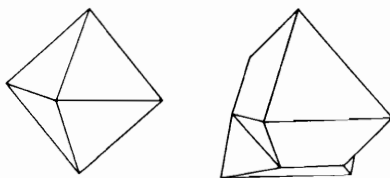
D = 3,5 – 3,7

FARBE: in allen Farben, meist rot, selten farblos

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz/durchsichtig bis fast undurchsichtig

Kristallausbildung: Achtflächner u. a. isometrische Formen; flache Anlagerungszwillinge; XX eingewachsen oder lose



Aggregatform: abgerollt, zerbrochen

Spaltbarkeit/Bruch: unvollkommen (Achtflächner)/muschelig

Bildungsweise und Vorkommen: metamorph

Umwandlungsgesteine (vor allem in ehemaligen Sedimenten)

Straškov (Strašchkau) ČSSR; Schwarzwald; Odenwald; Vogesen; Sri Lanka; Ural

Ähnliche Minerale: Rubin, Zirkon, Granat

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. unschmelzbar; in Säuren unlöslich nach Glühen mit Kobaltnitratlösung Blaufärbung
Dolomit, Granat, Zirkon, Magnetit, Calcit, Augit, Chondroit, Biotit, Korund, Graphit, Phlogopit, Vesuvian

Abb. Seite 174

298 Chrysoberyll
(Alexandrit)

Al_2BeO_4
ca. 7% Be

rhombisch

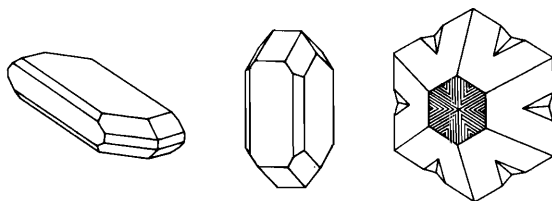
H = $8\frac{1}{2}$
D = ca. 3,7

FARBE: gelb oder grünlichgelb, selten farblos

STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz, im Bruch Fettglanz/durchsichtig bis durchscheinend

Kristallausbildung: dicktafelig, kurzsäulig, pyramidenförmig; meist sechsseitig als Durchdringungszwillinge; XX eingewachsen



Aggregatform: lose Körner

Spaltbarkeit/Bruch: deutlich/muschelig

Bildungsweise und Vorkommen: pegmatitisch, metamorph

Pegmatite, Umwandlungsgesteine (glimmerreiche Gneise, Glimmerschiefer)
Maršov (Marschendorf) ČSSR; Ural; Sri Lanka; Brasilien

Ähnliche Minerale: Korund, Spinell, Olivin

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. unschmelzbar; in Säuren unlöslich, dagegen durch Alkalien und Kaliumhydrogensulfat zersetzbar
Spinell, Granat, Beryll, Phenakit, Turmalin, Sillimanit

Abb. Seite 175

299 Korund

Al_2O_3

trigonal

H = 9
D = 3,95 – 4,1

FARBE: gewöhnl. bläulich oder gelblichgrau, auch durchsichtig in verschiedenen Farben

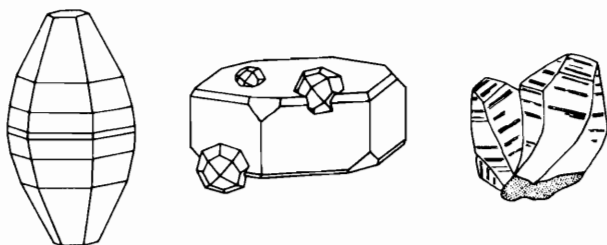
STRICH: weiß

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Glasglanz/durchsichtig bis undurchsichtig

Kristallausbildung: tonnenförmig, tafelig, würfelig, pyramidenartig; mitunter Streifung durch Zwillingslamellen

Aggregatform: fein- bis grobkörnig, eingewachsen, derb

Spaltbarkeit/Bruch: deutlich/muschelig, splitterig; spröde



Bildungsweise und Vorkommen: pegmatitisch, metamorph

Pegmatite, kristalline Schiefer, kontaktmetamorphe Kalke und Dolomite, Seifen

Bockau und Waldheim(Sachs.); Campolungo im Tessin; Unkel am Rhein; Sri Lanka; Indien; Tansania

Ähnliche Minerale: Smaragd, Zirkon, Spinell, Granat, Cordierit, Beryll, Apatit, Topas, Turmalin

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. unschmelzbar; unlöslich in Säuren, löslich in Kaliumhydrogensulfatschmelze

Magnetit, Chloritoid, Diaspor, Margarit, Calcit

Abb. Seite 173

300 Diamant

C

kubisch

H = 10

Bort = Industriediamanten

D = 3,52

Carbonados = koksartige, graphithaltige Diamanten

FARBE: farblos oder leicht gelblich bzw. bläulich; rötlich, braun, grünlich, grau, schwarz; selten sattrot oder sattblau

GLANZ/DURCHSICHTIGKEIT: Diamantglanz, raue Flächen auch mattglänzend/durchsichtig

Kristallausbildung: würfelig, acht-, zwölf-, achtundvierzigflächig; X-Flächen oft gewölbt und X-Kanten abgerundet, XX eingesprengt



Aggregatform: feinkörnig, eingewachsen, kugelig, strahlig

Spaltbarkeit/Bruch: vollkommen/muschelig; spröde

Bildungsweise und Vorkommen: liquid-magmatisch

basische Erstarrungsgesteine, Seifen

Südafrika; Brasilien, Indien; Sowjetunion

Ähnliche Minerale: –

Weitere Merkmale und Begleitminerale: v. d. L. unschmelzbar; in kleinen Splittern v. d. L. brennbar

Olivin, Pyroxen, Serpentin; Gold, Platin, Zirkon, Rutil, Magnetit, Quarz

Abb. Seite 174

Verwendung der Mineralrohstoffe

Im *ersten Abschnitt* werden die *Erzminerale* genannt, aus denen man die chemischen Grundstoffe oder deren Verbindungen gewinnt. Nicht alle Minerale, die wichtige Elemente enthalten, sind in der Erdkruste so angereichert, daß sie im Bergbau gewonnen werden können. Unsere Liste umfaßt nur Minerale, welche eine praktische Bedeutung haben. In diesem Zusammenhang ist es gewiß von Interesse, woraus die Elemente erzeugt werden, die keine eigenen Minerale bilden. Auch darauf gehen wir stichwortartig ein.

Wir haben im ersten Abschnitt nicht die Mineralrohstoffe, sondern die chemischen Grundstoffe alphabetisch geordnet, damit man sich leicht informieren kann, aus welchen Mineralen ein Element gewonnen wird. Darüber hinaus enthält die Aufstellung noch weitere Hinweise, wobei wir uns mit knappen Angaben begnügen.

Neben dem Namen des Elements steht das Symbol, darunter stehen der Gehalt des Elements in den bauwürdigen Lagerstätten – soweit Angaben erreichbar sind – und in Klammern der Durchschnittsgehalt in der Erdkruste in Gramm pro Tonne ($\bar{\varnothing}$ = Durchschnitt, g/t = Gramm pro Tonne, 10000 g/t = 1%). In der ersten Zeile werden weiter angeführt: Name des Entdeckers, Substanz, in der das Element entdeckt wurde und Jahreszahl der Entdeckung.

Es folgen kurze Angaben über die Verwertung des chemischen Elements und seiner Verbindungen in den verschiedenen Industriezweigen.

Sodann sind die Minerale – mit ihren chemischen Formeln – aufgeführt, die als Erze das betreffende Element in wirtschaftlich bedeutendem Umfang enthalten. Hinter der Formel steht der Metallgehalt, und in Klammern sind weitere Elemente, die aus dem gleichen Mineral gewonnen werden können, notiert. Schließlich nennen wir die Bildungsbedingungen der Erzminerale. In der Regel sind in dieser Spalte *alle* Bildungsbereiche des jeweiligen Rohstoffminerals erwähnt. Ein anschließendes Fragezeichen bedeutet, daß das Gesagte nicht sicher erwiesen, sondern nur wahrscheinlich ist.

Einige chemische Grundstoffe stellt man aus Neben- oder „Abfall“produkten der Hüttenindustrie und anderer Industriezweige dar; die Art ihrer Gewinnung wird knapp erläutert.

Die Mehrzahl der chemischen Grundstoffe ist erst nach 1750 entdeckt worden (s. Abb. 53). Es gibt heute kaum ein Element, das nicht irgendeine praktische Bedeutung erlangt hat. Bei der gegenwärtigen technischen Entwicklung ergeben sich oft neuartige Anforderungen an die Werkstoffe, denen häufig die Eigenschaften der „seltenen Metalle“ entsprechen. Atomkraftwerke und Raketentechnik gründen sich teilweise auf Rohstoffe, die noch vor wenigen Jahren als unbedeutend galten.

Im *zweiten Abschnitt* sind die *Industriemineralien* zusammengestellt und alphabetisch geordnet worden. Sie werden sich ohne weitere Verarbeitung – abgesehen von einer eventuellen Beseitigung der Verunreinigungen – in verschiedenen Industriezweigen verwendet.

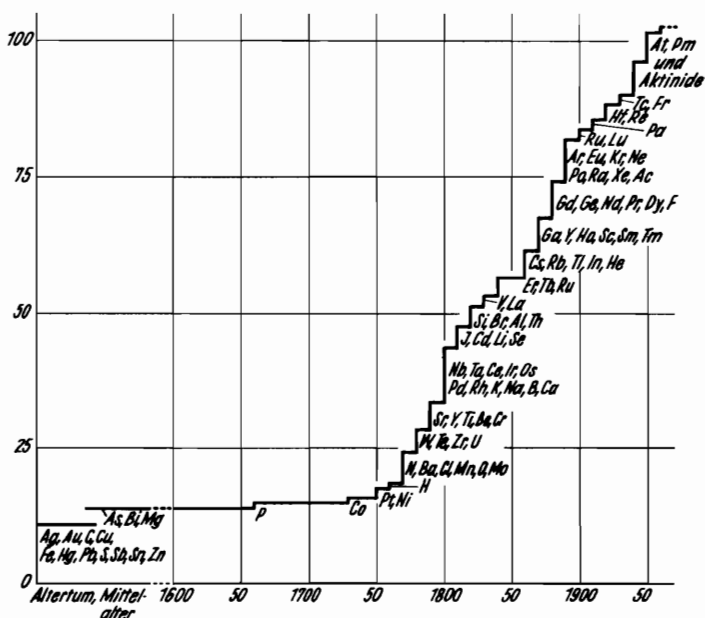


Abb. 53: Die chemischen Grundelemente in der zeitlichen Reihenfolge ihrer Entdeckung (nach RÖSLER und LANGE 1978)

Für mehrere Minerale gibt es noch andere Möglichkeiten der Verwertung, auf die hier nicht eingegangen wurde. Die beiden Zusammenstellungen vermitteln jedoch einen ersten Überblick über die wichtigsten Anwendungsbereiche.

Vorkommen der chemischen Elemente

Aluminium Al WÖHLER 1827 (AlCl_3)

30 % (Ø 8,1 %)

Metallurgie: Legierungen, Stahlgewinnung, Leichtmetall

Schwerindustrie: Flugzeugbau, Waggonbau, Automobilbau

Elektrotechnik: Kabel

Keramik: hochfeuerfeste Materialien (oxidisch und silikatisch)

Kerntechnik: Werkstoff

Diaspor (und Böhmit)	$\text{AlO}(\text{OH})$	45 % Al	sedimentär, hydrothermal, pegmatitisch, Verwitterungs- produkt, regional- und kon- taktmetamorph
Gibbsit	$\text{Al}(\text{OH})_3$	35 % Al	sedimentär, Verwitterungs- produkt, hydrothermal?
Kliachit (= Alumogel)	$\text{AlOOH} + \text{aqua}$	wechselnd	sedimentär, Verwitterungs- produkt
Alunit	$\text{KAl}_3[(\text{OH})_6/(\text{SO}_4)_2]$	18 % Al	vulkanisch-hydrothermal, Verwitterungsprodukt?
Nephelin	$\text{KNa}_3[\text{AlSiO}_4]_4$	19 % Al	alkalimagmatisch, alkali- pegmatitisch

Aluminium wird hauptsächlich aus Bauxit gewonnen. Bauxit ist ein Gestein und besteht aus verschiedenen Mineralen, im wesentlichen aus Diaspor, Böhmit, Gibbsit und Kliachit. Dieses Gestein bildet sich unter bestimmten klimatischen Bedingungen als Verwitterungsrückstand verschiedener Ausgangsgesteine.

Antimon Sb Altertum

3 % (Ø 0,2 g/t)

Metallurgie: Legierungsbestandteil, Letternmetall

Schwerindustrie: Lagermetall

Elektrotechnik: Akkumulatorenbau, Transistoren

Chemische Industrie: Imprägnationsmittel gegen Brand und Fäulnis

Antimonit	Sb_2S_3	72 % Sb (S)	Erzgänge
Senarmontit und Valentinit	Sb_2O_3	83 % Sb	Erzgänge (Ver- witterungsprodukt)

Arsen As Altertum

(Ø 2 g/t)

Metallurgie: Legierungsbestandteil

Schwerindustrie: Lagermetall

Glasindustrie: Opalglas

Chemische Industrie: Insektizide, Pharmazeutika

Arsenopyrit (Arsenikies)	FeAsS	46 % As (Au, Ag, Co, Ni) 6–9 % Co = Danait 16–25 % Co = Glaukodot	Erzgänge, auch pneu- matolytisch oder kontakt- metamorph
Löllingit	FeAs ₂	73 % As (S, Sb, Co, Ni, Au)	Erzgänge, kontaktmeta- somatisch, pegmatitisch- pneumatolytisch

Arsen fällt bei der Verhüttung As-haltiger Erze als Nebenprodukt an. Die Produktion übersteigt den Bedarf

Barium Ba SCHEELE 1774 (Baryt)

(Ø 400 g/t)

Bergbau: Tiefbohrtechnik

Elektrotechnik: Gettermetall (Elektronenröhren)

Chemische Industrie: Farbträger, Chemikalien

Papierindustrie: Beschweren von Kunstdruckpapier

Kerntechnik: Abschirmung von γ - und n-Strahlen

Baryt (Schwerspat)	BaSO ₄	58 % Ba	Erzgänge, tiefhydrother- male Gänge, chemisch- sedimentär, kontaktmetasomatisch
Witherit	BaCO ₃	69 % Ba	Erzgänge

Beryllium Be VAUQUELIN 1798 (Beryll)

1000 g/t (Ø 1 g/t)

Metallurgie: Bestandteil von Speziallegierungen

Schwerindustrie: Flugzeug- und Raketenbau

Keramik: hochfeuerfeste oxidische Sinterkörper

Kerntechnik: Moderator, Neutronenquelle

Beryll	Al ₂ Be ₃ [Si ₆ O ₁₈]	5 % Be (Rb, Cs, Sc)	(granit-) pegmatitisch, hydrothermal
Phenakit	Be ₂ SiO ₄	15 % Be	pegmatitisch-pneumato- lytisch, hydrothermal?
Gadolinit	Y ₂ FeBe ₂ [O/SiO ₄] ₂	2–4 % Be (bis 45 % Yttererden)	pegmatitisch

Blei Pb Altertum

4 % (Ø 15 g/t)

Metallurgie: Legierungen

Schwerindustrie: Lagermetall

Elektrotechnik: Akkumulatorenbau, Kabelumhüllung

Keramik und Glasindustrie: Bleiglasuren, Bleiglas

Kerntechnik: Strahlenschutz

Vorkommen der chemischen Elemente

Galenit (Bleiglanz)	PbS	87 % Pb (Ag, Bi, Se, Te)	Erzgänge, kontaktmeta- somatisch, chemisch- sedimentär
Boulangerit	5 PbS · 2 Sb ₂ S ₃	55 % Pb	Erzgänge
Bournonit	2 PbS · CuS · Sb ₂ S ₃	42 % Pb	Erzgänge

Bor B GAY-LUSSAC, THENARD, DAVY 1808 (H₃BO₃)

(Ø 3 g/t)

Metallurgie: Sonderstähle, Speziallegierungen

Elektrotechnik: Halbleitertechnik

Keramik und Glasindustrie: Glasuren, Geräteglas

Chemische Industrie: Katalyse

Kerntechnik: Neutronenabsorber

Kernit	Na ₂ [B ₄ O ₆ (OH) ₂] · 3 H ₂ O	51 % B	kontaktmetamorph?
Borax	Na ₂ [B ₄ O ₅ (OH) ₄] · 8 H ₂ O	36 % B	chemisch-sedimentär
Sassolin	B(OH) ₃	56 % B	vulkanisch (Sublimations- produkt)
Colemanit	Ca[B ₃ O ₄ (OH) ₃] · H ₂ O	51 % B	chemisch-sedimentär
Ulexit	NaCa[B ₅ O ₆ (OH) ₆] · 5 H ₂ O	43 % B	chemisch-sedimentär

Brom Br BALARD 1826 (Mutterlaugen von Meersalzen)

(Ø 3 g/t)

Chemische Industrie: Chemikalien, Farbstoffe, Kampfstoffe, Pharmazeutika, Erhöhung der Klopffestigkeit von Benzin

Kerntechnik: Herstellung von künstlichem Br-82 (Radioindikator)

Bromminerale haben wirtschaftlich keine Bedeutung. Die Endlaugen der Kalium-chloridlösungen sind mit Brom angereichert. Aus ihnen wird das Element industriell dargestellt (Kaliindustrie). In den USA ging man dazu über, das Brom aus dem Meerwasser zu gewinnen (Durchschnittsgehalt 150 g/t).

Chlor Cl SCHEELE 1774 (HCl)

(Ø 200 g/t)

Metallurgie: Entzinnen von Weißblechabfällen

Chemische Industrie: Kunststoffe, Insektizide, Chemikalien, Desinfektionsmittel

Halit (Steinsalz)	NaCl	61 % Cl	chemisch-sedimentär
Sylvin	KCl	48 % Cl	chemisch-sedimentär
Carnallit	KMgCl ₃ · 6 H ₂ O	38 % Cl	chemisch-sedimentär
		(Br, Rb, Cs)	
Kainit	KMg[Cl/SO ₄] · 2 $\frac{3}{4}$ H ₂ O	14 % Cl	chemisch-sedimentär

Chrom Cr VAUQUELIN, KLAPROTH 1798 (Krokoit)

30 % (Ø 200 g/t)

Metallurgie: Korrosionsbeständige Fe- und sonstige Legierungen

Elektrotechnik: Widerstandslegierungen

Keramik: hochfeuerfeste Chromitsteine

Chemische Industrie: Farbstoffe, Chemikalien

Chromit	FeCr_2O_4	46 % Cr	magmatisch (Erzlagerstätten)
---------	---------------------------	---------	---------------------------------

Eisen Fe Altertum

25–30 % (Ø 5 %)

Metallurgie: Legierungen

Schwerindustrie: wichtigster Werkstoff

Elektrotechnik: Ferrite

Kerntechnik: Strahlenschutz, Fe-59 als Radioindikator

Magnetit	Fe_3O_4	72 % Fe (Ti, Mn, V)	magmatisch, kontaktmeta- somatisch, regional- und kontaktmetamorph, chemisch-sedimentär hydrothermal, Erzgänge, Verwitterung, chemisch- sedimentär, pneumato- lytisch, metasomatisch, vulkanisch
Hämatit (+ Maghemit)	Fe_2O_3	70 % Fe (Ti, Mn, V)	Verwitterung, chemisch- sedimentär
Limonit	etwa $\text{FeOOH} \cdot \text{aqua}$	59 % Fe	Erzgänge, kontaktmeta- somatisch, hydrothermal, chemisch-sedimentär, peg- matitisch-pneumatolytisch
Siderit	FeCO_3	48 % Fe (bis 9 % Mn)	Erzgänge, magmatisch, peg- matitisch-pneumatolytisch, hydrothermal, (bio-)che- misch-sedimentär
Pyrit	FeS_2	48 % Fe (S)	chemisch-sedimentär niedrig-metamorph bis epizonalmetamorph
Chamosit Thuringit	Eisensilikat Eisensilikat	29–37 % Fe 40 % Fe	

Fluor F MOISSON 1886 (HF)

(Ø 800 g/t)

Metallurgie: Schweißtechnik

Chemische Industrie: Plaste, Chemikalien, Raketentreibstoff

Kerntechnik: Gewinnung des U-235 aus natürlichem Uran

Fluorit	CaF_2	49 % F (Y, Ce, Er)	hydrothermal, pneumato- lytisch, kontaktmetasoma- tisch, sedimentär
---------	----------------	-----------------------	---

Gadolinium Gd (Gruppe der seltenen Erden) MARIGNAC 1880
(Gd_2O_3)

(Ø 6 g/t)

Metallurgie: Speziallegierungen

Kerntechnik: Neutronenabsorber

Gadolinit	$Y_2FeBe_2[O/SiO_4]_2$	pegmatitisch
	(Y, Be, Ce, La, Nd, Er, Yb, Th)	
Gadolinium ist neben anderen seltenen Erden anstelle von Y im Mineral enthalten.		

Gallium Ga LECOQ DE BOISBAUDRAN 1875 (Sphalerit)

(Ø 15–5 g/t)

Metallurgie: Speziallegierungen

Elektrotechnik: Halbleiterproduktion, Laser

Chemische Industrie: Katalyse

Kerntechnik: Wärmeaustauscher

Gallium wird hauptsächlich aus Aschen, Flugstaub, Schlämmen und Laugen gewonnen, in denen es sich bei der Aufarbeitung anderer (Ga-haltiger) Erze anreichert, besonders bei der Verarbeitung von Sphalerit und Bauxit. Das Mineral Gallit $CuGaS_2$ hat wirtschaftlich keine Bedeutung.

Germanium Ge WINKLER 1886 (Argyrodit)

(Ø 2 g/t)

Elektrotechnik: Halbleiter, Fotozellen, Gleichrichter

Optische Industrie: Infrarotdurchlässige Gläser

Kerntechnik: Kernbatterien

Germanit	$Cu_3(Ge, Fe)S_4$	22 % Ge (Ga)	Erzgänge
Renierit	$Cu_3(Fe, Ge)S_4$	6–7 % Ge	Erzgänge

Einige andere Erze enthalten Germanium in geringen Mengen. Bei ihrer Verarbeitung wird das Ge als Nebenprodukt gewonnen (Sphalerit, Enargit, Tennantit). Außerdem wird Ge aus Generator- und Kohlenaschen dargestellt, in denen es unter Umständen angereichert ist.

Gold Au Altertum

5–10 g/t (Ø 0,005 g/t)

Metallurgie: Legierungen, Oberflächenveredlung anderer Metalle

Elektrotechnik: Kontakte, gedruckte Schaltungen

Keramik und Glasindustrie: Glas- und Porzellanmalerei, Goldrubinglas

Die breiteste Anwendung findet Gold als Währungsgrundlage.

gediegen Gold	Au max. 100 % Au (Ag)	pegmatitisch, hydrothermal, Erzgänge und Seifen
Sylvanit	$AuAgTe_4$ 24 % Au (bis 13 % Ag, Te)	Erzgänge
Krennerit	$AuTe_2$ 43 % Au (bis 6 % Ag, Te)	Erzgänge
Nagyagit	$AuTe_2 \cdot 6 Pb(S, Te)$ max. 10 % Au (Ag, Te)	Erzgänge

Gold tritt verbreitet in Pyrit und Arsenopyrit auf. Zuweilen erlangt es als Bestandteil dieser Minerale wirtschaftliche Bedeutung.

Hafnium Hf COSTER und v. HEVESY 1923

(Ø 5 g/t)

Metallurgie: Speziallegierungen

Elektrotechnik: Gettermetall, Kathoden in Elektronen- und Röntgenröhren, Widerstandslegierungen

Keramik: hochfeuerfeste oxidische Materialien, Karbide usw.

Chemische Industrie: Katalyse

Kerntechnik: Neutronenabsorber

Hafniumminerale wurden bisher nicht gefunden. Da Hafnium in allen Zirkoniummineralen vorhanden ist, steht die produzierte Menge dieses Elements mit der des Zirkoniums in engem Zusammenhang.

Indium In REICH und RICHTER 1863 (Sphalerit)

(Ø 0,1–0,5 g/t)

Metallurgie: niedrigschmelzende Legierungen

Schwerindustrie: Gleitlager

Elektrotechnik: Halbleiter

Kerntechnik: Neutronenabsorber

Das einzige bekannte Indiummineral ist Roquesit CuInS_2 . Es besitzt keine wirtschaftliche Bedeutung. Indium wird aus Sphalerit gewonnen, in dem es durchschnittlich mit 0,005 % (max. 0,1 %) auftritt.

Iridium Ir TENNANT 1804 (Platin)

(Ø 0,001 g/t)

Metallurgie: Legierungen

Elektrotechnik: Kontaktmaterial

Chemische Industrie: Katalyse, Geräteplatin

Kerntechnik: zerstörungsfreie Werkstoffprüfung

gediegen Iridium Ir max. 100 % (Os, Pt, Rh, magmatisch, Seifen
Pd, Ru, Au)

Syssertskit (Ir, Os) (wechselnd Os) magmatisch, Seifen

Jod J COURTOIS 1812 (Asche von Meeresalgen)

(Ø 0,3 g/t)

Metallurgie: Gewinnung metallischen Zirkons und Titans

Chemische Industrie: Chemikalien, Pharmazeutika, Teerfarbstoffe

Kerntechnik: Radiotherapie

Jodminerale sind ohne wirtschaftliche Bedeutung. Die Hauptmenge an Jod wird aus dem Chilesalpeter gewonnen.

Kadmium Cd STROUMEYER 1817 (Zinkerze)

(Ø 0,2 g/t)

Metallurgie: Speziallegierungen, Oberflächenbehandlung anderer Metalle

Schwerindustrie: Lagermetall

Vorkommen der chemischen Elemente

Elektrotechnik: Westonsches Normalelement, Akkumulatorenbau, Halbleiter

Chemische Industrie: Farbstoffe

Kerntechnik: Neutronenabsorber

Kadmiumminerale sind wirtschaftlich unbedeutend. Man gewinnt Kadmium überwiegend aus Sphalerit (bis zu 2% Cd, gelegentlich noch höhere Gehalte).

Kalium K DAVY 1807 (KOH)

(Ø 2,4%)

Metallurgie: Legierungen

Chemische Industrie: Chemikalien, Düngemittel

Kerntechnik: Kühlmittel und Wärmeaustauscher

Sylvin	KCl	52% K (Br)	chemisch-sedimentär
Carnallit	KMgCl ₃ · 6 H ₂ O	14% K (Br, Rb)	chemisch-sedimentär

Kalzium Ca DAVY 1808 (Amalgam)

(Ø 3,5%)

Metallurgie: Reduktionsmittel zur Darstellung anderer Metalle, Desoxydationsmittel, Legierungen

Schwerindustrie: Lagermetall

Chemische Industrie: Düngemittel, Azetylenproduktion, H₂-Darstellung

Calcit (Kalkspat)	CaCO ₃	40% Ca	Erzgänge, hydrothermale Kluftbildung, chemisch-sedimentär
-------------------	-------------------	--------	---

Kobalt Co BRANDT 1735 (Wismuterze)

(Ø 10–50 g/t)

Metallurgie: Legierungen

Chemische Industrie: Katalyse, Farbenherstellung

Kerntechnik: Co-60-Isotop als starker γ -Strahler bekannt (Radiotherapie)

Cobaltin	CoAsS	35% Co	Erzgänge
Skutterudit	CoAs ₂	etwa 21% (Ni)	Erzgänge
(Speisekobalt)			
Safflorit	CoAs ₂	28% Co (Ni)	Erzgänge
Heterogenit	CoO(OH)	64% Co	Erzgänge, tiefhydrothermal, Verwitterungsprodukt

Kobalt wird außerdem aus Kiesabbränden und bei der Cu-Elektrolyse gewonnen.

Kohlenstoff C Altertum

(Ø 320 g/t)

Metallurgie: Hüttenindustrie

Chemische Industrie: Grundstoff der organischen Chemie

Keramik: Graphit-Keramikkörper

Elektrotechnik: Stromabnehmer, Elektroden

Energiewirtschaft: Energiequelle

Kerntechnik: Moderator

Kohle (Stein-, Braunkohle, Torf)	vorwiegend C (H, N, O)	bio-sedimentär
Erdöl	C, H (weniger N, O)	bio-sedimentär

Kohlen und Erdöl sind keine Minerale, sollen aber, da sie die Basis der Kohlenstoffgewinnung darstellen, trotzdem genannt sein. Graphit und Diamant siehe unter Industriemineralien!

Kupfer Cu Altertum

1 % (Ø 45 g/t)

Metallurgie: Legierungen

Schwerindustrie: Lagermetall

Elektrotechnik: Kabel

Chalkopyrit (Kupferkies)	CuFeS_2	35 % Cu	magmatisch, pegmatitisch-pneumatolytisch, chemisch-sedimentär?, hydrothermal, Erzgänge
Chalkosin (Kupferglanz)	Cu_2S	80 % Cu (Ag)	Erzgänge, Umbildungsmineral, sekundär
Bornit	Cu_5FeS_4	55–69 % Cu	hydrothermal, magmatisch, kontaktmetasomatisch, pegmatitisch, chemisch-sedimentär
Enargit	Cu_3AsS_4	48 % Cu (Zn, Sn, Ag, Ge)	Erzgänge
gediegen Kupfer	Cu	max. 100 % Cu (Ag)	hydrothermal-vulkanisch, Verwitterungszone

Lanthan La MOSANDER 1839 (Cerit)

(Ø 18 g/t)

Metallurgie: Legierungen

Elektrotechnik: Fluoreszenzmaterial

Chemische Industrie: Chemikalien

Keramik: keramische Sondermassen

Monazit	$\text{Ce}[\text{PO}_4]$	70 % (La, Ce) Ce: La, Pr, Nd, Sm ca. 1 : 1	pegmatitisch, vulkanische Auswürflinge, Seifenmineral
---------	--------------------------	--	---

Lithium Li ARFVEDSON 1817 (Petalit)

(Ø 30 g/t)

Metallurgie: Legierungen, Desoxydationsmittel

Schwerindustrie: Lagermetall

Elektrotechnik: Akkumulatorenbau, Fernsehröhren

Chemische Industrie: temperaturbeständige Schmierfette, Chemikalien

Keramik und Glasindustrie: keramische Sondermassen, Lithiumgläser

Kerntechnik: Wärmeaustauscher, Tritiumgewinnung

Spodumen	$\text{LiAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$	4 % Li	pegmatitisch
Amblygonit	Li-Phosphat	5 % Li	pegmatitisch-pneumato- lytisch
Lepidolith	Li-Glimmer	2 % Li (Rb)	pegmatitisch-pneumato- lytisch

Magnesium Mg Mittelalter

(Ø 2,1 %)

Metallurgie: Legierungen, Reduktionsmittel

Chemische Industrie: Fluorgewinnung, Reduktionsmittel, Chemikalien, Trocknungsmittel

Keramik: feuerfeste (Magnesit-) Steine

Bauindustrie: Sorelzement

Kerntechnik: Reaktorwerkstoff

Magnesit	MgCO_3	29 % Mg	regionalmetamorph, metasomatisch
Dolomit	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$	13 % Mg	chemisch-sedimentär, metasomatisch, Erzgänge, hydrothermal
Carnallit	$\text{KMgCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$	8 % Mg	chemisch-sedimentär
Bischofit	$\text{MgCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$	12 % Mg	chemisch-sedimentär

Bei der NaCl-Gewinnung aus Meerwasser bilden sich magnesiumreiche Laugen, die industriell genutzt werden.

Mangan Mn GAHN 1774 (Braunstein)

35 % (Ø 1000 g/t)

Metallurgie: Legierungen

Elektrotechnik: Trockenbatterien, Ferrite

Glasindustrie: Glasmacherseife

Pyrolusit	MnO_2	65 % Mn	Erzgänge, chemisch-sedi- mentär
Manganit	MnOOH	62 % Mn	Erzgänge, Oxydationszone (Bereich der Verwitterung durch sauerstoffhaltige Grundwässer)
Braunit	$\text{Mn}_7[\text{O}_8/\text{SiO}_4]$	64 % Mn	Erzgänge, kontaktmeta- morph, kontaktmeta- soma-tisch
Hausmannit	Mn_3O_4	72 % Mn	Erzgänge, kontaktmeta- morph und -metasomatisch
Rhodochrosit	MnCO_3	48 % Mn	Erzgänge, Verwitterungs- produkt

Die Verhüttung Mn-haltiger Erze läßt Mn-reiche Schlacken entstehen, aus denen das Mangan gewonnen wird.

Molybdän Mo SCHEELE 1778 (Molybdänit)

(Ø 1 g/t)

Metallurgie: Legierungen

Elektrotechnik: Heizwicklungen, Halterungen für Glühfäden und Anoden

Chemische Industrie: Katalyse, Farbstoffe

Glasindustrie: Opalglas, Emaille

Kerntechnik: Reaktorwerkstoff

Molybdänit	MoS ₂	60 % Mo (Re, Ge)	Erzgänge, pegmatitisch, kontaktmetamorph
(Molybdänglanz)			
Wulfenit	Pb[MoO ₄]	26 % Mo	Erzgänge, sekundär
		(Pb, W, V, Re)	(Oxydationszone)
Molybdit	wichtiger Nebenbestandteil in vielen porphyrischen Kupfererzen		

Natrium Na DAVY 1807 (NaOH)

(Ø 2,8 %)

Metallurgie: Reduktionsmittel, Legierungen

Schwerindustrie: Lagermetall

Chemische Industrie: Trocknungsmittel, Reduktionsmittel, Katalyse, Chemikalien

Optik: IR- und UV-Optik

Kerntechnik: Wärmeaustauscher, Na-24 für Radiotherapie

Halit (Steinsalz)	NaCl	39 % Na	chemisch-sedimentär
-------------------	------	---------	---------------------

Neodym Nd AUER VON WELSBACH 1885 (Didymoxid)

(Ø 24 g/t)

Metallurgie: Zer-Mischmetall, Speziallegierungen

Chemische Industrie: Chemikalien, Katalyse

Glasindustrie: Glasfärbung

Neodym tritt vorwiegend in Zer-Mineralen auf.

Nickel Ni CRONSTEDT 1751 (Nickelin)

1,5 % (Ø 80 g/t)

Metallurgie: Legierungen, Oberflächenvergütung anderer Metalle

Schwerindustrie: Flugzeugbau

Chemische Industrie: Laborgeräte, Katalyse

Elektrotechnik: Akkumulatoren, Widerstände

Kerntechnik: Reaktorstähle

Pentlandit	(Fe, Ni) ₉ S ₈	max. 45 % Ni (Fe, Co, Ag, Pt)	magmatisch
Nickelin	NiAs	44 % Ni (Cu)	Erzgänge, magmatisch
(Rotnickelkies)			
Chloanthit	NiAs ₃	28 % Ni (Co)	Erzgänge

Vorkommen der chemischen Elemente

Gersdorffit Garnierit	NiAsS (Ni, Mg) ₆ [(OH) ₈ /Si ₄ O ₁₀]	35 % Ni (Co, Fe) max. 25 % Ni	Erzgänge Verwitterungsprodukt, hydrothermale Um- wandlung
--------------------------	---	----------------------------------	--

Niob Nb HATCHETT 1801 (Columbit)

(Ø 24 g/t)

Metallurgie: Legierungen

Schwerindustrie: Gasturbinen, Düsenflugzeuge, Raketen

Chemische Industrie: Katalyse

Elektrotechnik: Gettermetall, Gleichrichter, Thermoelemente

Kerntechnik: Hülsmaterial für Uranbrennstoffelemente, Reaktorwerkstoff

Niobit (Fe, Mn) (Nb, Ta) ₂ O ₆	max. 75 % Nb ₂ O ₅ (Ta)	pegmatitisch
Pyrochlor (Ca, Na) ₂ Nb ₂ O ₆ (F, OH, O)	max. 70 % Nb ₂ O ₅ (Ta)	pegmatitisch

Osmium Os TENNANT 1804 (Platin)

(Ø 0,001 g/t)

Metallurgie: Legierungen

Chemische Industrie: Katalyse

Elektrotechnik: Kontakte, Thermoelemente

gediegen Osmiridium	(Ir, Os)	17–40 % Os (Ir)	magmatisch, Seifen
gediegen Iridosmium	(Os, Ir)	68–38 % Os (Ir)	magmatisch, Seifen
gediegen Aurosmirid	(Ir, Os, Au)	ca. 25 % Os (Ir, Pt, Au, Ru, Rh, Pd)	magmatisch, Seifen

Palladium Pd WOLLASTON 1804 (Platin)

(Ø 0,01 g/t)

Metallurgie: Legierungen

Chemische Industrie: Katalyse, Laborgeräte

Elektrotechnik: Kontakte

gediegen Palladium	Pd	ca. 90 % Pd (Pt, Rh, Ir, Ru, Os)	magmatisch, Seifen
Stibiopalladinit	Pd ₃ Sb	ca. 70 % Pd	magmatisch, kontaktmeta- morph

Phosphor P BRAND 1669 (Harn)

(Ø 1180 g/t)

Metallurgie: Legierungszusatz

Chemische Industrie: Chemikalien, Kunstdünger, Zündstoffe

Elektrotechnik: Halbleiter

Kerntechnik: Phosphor-32 als Radioindikator

Apatit	$\text{Ca}_5[\text{F}/(\text{PO}_4)_3]$	40–42 % P_2O_5	magmatisch (alkalisyenitisch), pegmatitisch-pneumatolytisch, vulkanisch-pneumatolytisch, biochemisch-sedimentär
Phosphorit			

Platin Pt WATSON 1750 (Platin)

(Ø 0,005 g/t)

Metallurgie: Legierungen

Chemische Industrie: Katalyse, Laborgeräte

Elektrotechnik: Pyrometer, Kontakte

gediegen Platin	Pt	90–80 % Pt (Ir, Os, Rh, Ru, Pd)	magmatisch, Seifen
Sperryllit	PtAs_2	56 % Pt (Rh, Pd)	magmatisch, Verwitterungsprodukt magmatisch
Cooperit	PtS	85 % Pt (Pd)	

Praseodym Pr AUER VON WELSBACH 1885 (Didymoxid)

(Ø 6 g/t)

Metallurgie: Legierungen

Praseodym kommt stets gemeinsam mit anderen seltenen Erden, insbesondere mit Zerkterden, in Zer-Mineralen vor.

Quecksilber Hg Altertum

(Ø 0,5 g/t)

Metallurgie: Amalgame, Raffination von Aluminiumlegierungen, Kathodenmaterial bei der Chloralkali-Elektrolyse

Chemische Industrie: Katalyse, Farbstoffe, Insektizide, Pharmazeutika

Elektrotechnik: Kontakte, Quecksilberdampfgleichrichter

Energiewirtschaft: Quecksilberdampfturbinen

Besonders vielseitig ist die Verwendung des Quecksilbers in technischen und wissenschaftlichen Geräten.

gediegen Quecksilber	Hg	max. 100 % $\text{Hg}(\text{Ag})$	hydrothermal, Erzgänge und Imprägnationen, vulkanisch-thermal
Cinnabarit	HgS	86 % Hg	Erzgänge

Radium Ra CURIE 1898 (Uraninit)

($\varnothing$ 0,0000013 g/t)

Kerntechnik: Radiotherapie, Be-Ra-Neutronenquelle, α -Strahlenquelle

Radium bildet keine eigenen Minerale. Es ist ein Begleiter der Uranminerale, in denen es in sehr geringen Mengen vorkommt.

Rhenium Re TACKE und NODDACK 1925 (Platinerze)

($\varnothing$ 0,001 g/t)

Metallurgie: Legierungen

Chemische Industrie: Katalyse

Optik: Verspiegelungen

Elektrotechnik: Transistoren, Glühfäden, Thermoelemente

Rhenium ist sehr selten. Nur wenige Minerale enthalten es in merklichen Mengen. Zu ihnen gehört Molybdänit (Molybdänglanz) MoS_2 mit maximal 0,002 % Re. Man gewinnt Rhenium aus Flugstaub der Molybdänitverhüttung.

Rhodium Rh WOLLASTON 1804 (Platin)

($\varnothing$ 0,001 g/t)

Metallurgie: Legierungen, Oberflächenvergütung anderer Metalle

Elektrotechnik: Thermoelemente

Chemische Industrie: Katalyse, Laborgeräte

Optik: Verspiegelungen

Rhodium läßt sich in allen Platinmineralen nachweisen. Es wird jedoch vorwiegend aus Pentlandit und Chalkopyrit gewonnen.

Rubidium Rb BUNSEN und KIRCHHOFF 1861 (Dürkheimer Mineralwasser)

($\varnothing$ 120 g/t)

Metallurgie: Speziallegierungen

Elektrotechnik: Gettermetall, Fotozellen

Chemische Industrie: Chemikalien, Pharmazeutika

Rubidium bildet keine eigenen Minerale. Es ist im carnallitischen Rohsaiz in gewinnbaren Mengen vorhanden (0,005–0,02 % RbCl). Höhere Rubidiumgehalte findet man in Lithiummineralen und im Pollucit.

Ruthenium Ru CLAUS 1845 (Platinrückstände)

($\varnothing$ 0,001 g/t)

Metallurgie: Speziallegierungen

Chemische Industrie: Düsen für Kunstseidenspinnerei

Laurit RuS_2 66 % Ru (Os) magmatisch

Die Hauptmenge des Rutheniums wird aus den Rückständen dargestellt, die sich bei der Platingewinnung ergeben.

Samarium Sm LECOQ DE BOISBAUDRAN 1879 (Didymoxid)

(Ø 7 g/t)

Metallurgie: Legierungen

Samarium bildet keine eigenen Minerale. Es tritt in Zr-Mineralen auf.

Schwefel S Altermum

(Ø 520 g/t)

Chemische Industrie: Schwefelsäureerzeugung, Kunstdünger, Zellulose, Kautschukvulkanisation, Schwarzpulver, Pyrotechnik, Insektizide, Bleichmittel, Farbstoffe, Chemikalien, Pharmazeutika

gediegen Schwefel S	max. 100 % S (Te, Se)	vulkanisch, Umbildung aus anderen Mineralen
Pyrit (Schwefelkies) FeS_2	53 % S (Fe)	Erzgänge, magmatisch, pegmatitisch-pneumatolytisch, hydrothermal, (bio-)chemisch-sedimentär

In zunehmendem Maße gewinnt man Schwefel aus Erdgas und Erdöl.

Selen Se BERZELIUS 1817 (Bleikammerschlamm)

(Ø 0,09 g/t)

Metallurgie: Legierungen

Elektrotechnik: Selengleichrichter, Fotozellen

Keramik- und Glasindustrie: Entfärbungs- und Färbemittel

Chemische Industrie: Pharmazeutika

Man gewinnt Selen als Nebenprodukt bei der Aufarbeitung sulfidischer Erze. Eine Produktion aus Selenmineralen ist unwirtschaftlich.

Silber Ag Altermum

500 g/t (Ø 0,1 g/t)

Metallurgie: Legierungen

Chemische Industrie: Laborgeräte, Chemikalien, Pharmazeutika

Optik: Verspiegelungen

Elektrotechnik: gedruckte Schaltungen, Präzisionsinstrumente

gediegen Silber Ag	max. 100 % Ag (Au, Cu, Bi, Hg)	hydrothermale Erzgänge
Argentit (und Akanthit) Ag_2S	87 % Ag	Erzgänge
Proustit Ag_3AsS_3	65 % Ag	Erzgänge
Pyrargyrit Ag_3SbS_3	60 % Ag	Erzgänge
silberhaltige $(\text{Cu}_2, \text{Ag}_2, \text{Hg})_3$	Tetraedrit	Erzgänge
Fahlerze $(\text{Sb, As})_2\text{S}_6$	0,5–5 % Ag Freibergit 10–35 % Ag	

Hauptmenge aus silberhaltigem Galenit

Silizium Si BERZELIUS 1823 (SiF_4)

($\varnothing$ 27,72%)

Metallurgie: Desoxydationsmittel

Chemische Industrie: säurefeste Stähle, Siliziumkarbid, Silikone

Elektrotechnik: Transformatoren- und Dynamostahl, Transistoren, Gleichrichter, Fotoelemente

Keramik und Glasindustrie: Silikatgläser, feuerfeste Silika- und andere Steine

Kerntechnik: Kernbatterien

Quarz	SiO_2	53 % Si	magmatisch bis hydrothermal, sedimentär
-------	----------------	---------	---

Skandium Sc NILSON 1879 (Erbiumoxid)

($\varnothing$ 5 g/t)

Metallurgie: Legierungen

Chemische Industrie: Chemikalien

Thortveitit	$\text{Sc}_2[\text{Si}_2\text{O}_7]$	50 % Sc	pegmatitisch
-------------	--------------------------------------	---------	--------------

Skandium tritt vorwiegend in Yttriummineralen auf.

Strontium Sr KLAPROTH 1793 (Strontianit)

($\varnothing$ 450 g/t)

Metallurgie: Entschwefeln und Entphosphorn hochwertiger Stähle

Elektrotechnik: Gettermetall

Chemische Industrie: Pyrotechnik

Kerntechnik: Strontium-90 als β -Strahler

Strontianit	SrCO_3	59 % Sr	Erzgänge, chemisch-sedimentär
Coelestin	SrSO_4	47 % Sr	chemisch-sedimentär, vulkanisch, Erzgänge (hydrothermal, Blasenräume)

Tantal Ta EKEBERG 1802 (Minerale der seltenen Erden)

($\varnothing$ 2 g/t)

Metallurgie: Legierungen, Sonderstähle, Hartmetalle

Chemische Industrie: Apparaturen, Katalyse

Elektrotechnik: Kondensatoren, Gleichrichter, Gettermetall

Kerntechnik: Uranschmelztiegel

Tantalit	$(\text{Fe, Mn}) (\text{Ta, Nb})_2\text{O}_6$	88 % Ta_2O_5 (Nb)	pegmatitisch
Mikrolith	$(\text{Ca, Na})_2 (\text{Ta, Nb})_2\text{O}_6$ (O, OH, F)	80 % Ta_2O_5	pegmatitisch
Formanit	YTao_4	66 % Ta_2O_5	pegmatitisch

Auch aus Columbit und Pyrochlor

Tellur Te Klaproth 1798 (Goldtelluride)

($\varnothing$ 0,0018 g/t?)

Metallurgie: Legierungszusatz

Chemische Industrie: Zusatz in Spezialgummi

Elektrotechnik: Strahlungs- und Sonnenbatterien, Halbleiterwiderstände, thermoelektrische Geräte

gediegen Tellur	Te	max. 100% Te (S, Se, Au, Ag)	Erzgänge
Altaït	PbTe	38% Te (Ag)	Erzgänge
Tellurbismutit	Bi ₂ Te ₃	52% Te	Erzgänge
Sylvanit	AuAgTe ₄	62% Te (Au, Ag)	Erzgänge
Nagyagit	AuTe ₂ · 6 Pb (S, Te)	18–30% Te (Au)	Erzgänge

Anodenschlamm der Kupferelektrolyse, Flugstäube, die bei der Verhüttung tellurhaltiger Erze anfallen, und Bleikammerschlamm bilden weitere Rohstoffe für die Tellurgewinnung.

Thallium Tl Crookes 1861 (Bleikammerschlamm)

($\varnothing$ 1 g/t)

Metallurgie: Legierungen

Chemische Industrie: Schädlingsbekämpfungsmittel, Katalyse, Antiklopfmittel, Farbstoffe, Pyrotechnik, Chemikalien

Elektrotechnik: Fotozellen

Optische Industrie: Speziallinsen

Kerntechnik: Thallium-204 als β -Strahler

Thalliumminerale sind wirtschaftlich unbedeutend. Das Element wird als Nebenprodukt der Blei- und Zinkverhüttung gewonnen.

Thorium Th Berzelius 1828 (Thorit)

($\varnothing$ 10 g/t)

Metallurgie: Legierungen

Chemische Industrie: Auerglühstrümpfe, Katalyse

Elektrotechnik: Heizdrähte, Gettermetall, Kontaktlegierungen

Kerntechnik: Kernbrennstoff (im Gemisch mit Plutonium oder Uran-235)

Monazit	(Ce, La, Th) [PO ₄]	bis 28% ThO ₂ (seltene Erden)	pegmatitisch, vulkanische Auswürflinge, Seifen
---------	---------------------------------	---	---

Auch aus Thorit, Thorianit, Betafit und Zirkon

Titan Ti Gregor 1791 (Menakanit)

($\varnothing$ 4400 g/t)

Metallurgie: Legierungen

Schwerindustrie: Flugzeugbau, Raketentechnik

Chemische Industrie: Werkstoff, Katalyse, Farbenproduktion

Elektrotechnik: Kondensatoren, Ultraschallgeneratoren

Keramik: Rutil- und Titanatkeramik

Kerntechnik: Reaktorwerkstoff

Ilmenit	FeTiO_3	32 % Ti	magmatisch, pegmatitisch, Erzgänge
Rutil	TiO_2	60 % Ti	magmatisch, pegmatitisch, metamorph, Seifen

Uran U KLAPROTH 1789 (Pechblende)

(Ø 2 g/t)

Keramik und Glasindustrie: Farbglasuren, Uranglas

Kerntechnik: Kernbrennstoff

Uraninit (Pechblende)	UO_2	max. 83 % U	pegmatitisch, hydrothermale Gänge, sedimentär
Autunit	$\text{Ca}[\text{UO}_2/\text{PO}_4]_2 \cdot 10 \text{ H}_2\text{O}$	63 % UO_3	pegmatitisch, Umbildungsmineral
Torbernit	$\text{Cu}[\text{UO}_2/\text{PO}_4]_2 \cdot 10\text{--}12 \text{ H}_2\text{O}$	61 % UO_3	pegmatitisch, hydrothermale Klüfte, sedimentär
Carnotit	$\text{K}_2[(\text{UO}_2)_2/\text{V}_2\text{O}_8] \cdot 3 \text{ H}_2\text{O}$	max. 55 % UO_3 (V)	(bio-)chemisch-sedimentär

Vanadin V DEL RIO 1801 (Bleierz)

(Ø 110 g/t)

Metallurgie: Legierungen

Chemische Industrie: Katalyse, Pharmazeutika

Elektrotechnik: Normalwiderstände, Potentiometer

Kerntechnik: Werkstoff

Patronit	VS_4	49 % V_2O_5	(bio-)chemisch-sedimentär
Coulsonit	FeV_2O_4	81 % V_2O_5	regionalmetamorph
Descloizit	$\text{PbZn}[\text{OH}/\text{VO}_4]$	22 % V_2O_5	Erzgänge
Carnotit	$\text{K}_2[(\text{UO}_2)_2/\text{V}_2\text{O}_8] \cdot 3 \text{ H}_2\text{O}$	20 % V_2O_3 (U)	(bio-)chemisch-sedimentär

Wismut Bi ausgehendes Mittelalter

(Ø 0,2 g/t)

Metallurgie: niedrigschmelzende Legierungen

Chemische Industrie: Pharmazeutika

Elektrotechnik: Schmelzsicherungen

gediegen Wismut	Bi	100 % Bi (Te)	Erzgänge (pegmatitisch bis hydrothermal)
Bismuthinit	Bi_2S_3	81 % Bi	Erzgänge

Wismut wird überwiegend bei der Blei- und Kupferraffination als Nebenprodukt gewonnen (Bi-reiche Kupfererze bes. in Peru).

Wolfram W SCHEELE 1783 (Scheelit)

(Ø 1 g/t)

Metallurgie: Legierungen, Hartmetall

Elektrotechnik: Glühfäden, Heizleiter, Kontakte, Gettermetall, Röntgenröhren

Kerntechnik: Reaktorwerkstoff

Wolframit	(Fe, Mn)WO ₄	61 % W (Nb, Ta, Ti, Sc)	pegmatitisch-pneumatolytisch
Scheelit	CaWO ₄	64 % W	pegmatitisch-pneumatolytisch, kontaktmetasomatisch

Yttrium Y GADOLIN 1794 (Gadolinit)

(Ø 40 g/t)

Metallurgie: Legierungen, Zer-Mischmetall

Glasindustrie und Keramik: optische Gläser, Spezialkeramik

Gadolinit	Y ₂ FeBe ₂ [O/SiO ₄] ₂	38 % Y (Be)	pegmatitisch
Xenotim	Y[PO ₄]	49 % Y	pegmatitisch, Seifen
Fergusonit	Y(Nb, Ta)O ₄	27–36 % Y	pegmatitisch

Zäsium Cs BUNSEN und KIRCHHOFF 1860 (Pollucit)

(Ø 1 g/t)

Elektrotechnik: Fotozellen, Kathodenmaterial, Ikonoskop, Niederspannungs-
gleichrichter

Optik: Infrarot-Spektroskopie

Kerntechnik: künstliches Cs-137 zur Materialprüfung und Radiotherapie

Pollucit	Cs[AlSiO ₆] · H ₂ O < 1	35 % Cs ₂ O (Li, Rb)	pegmatitisch
----------	---	------------------------------------	--------------

Außerdem wird Zäsium als Nebenprodukt bei der Carnallitaufbereitung gewonnen.

Zer Ce KLAPROTH 1803 BERZELIUS, HISINGER (Cerit)

(Ø 46 g/t)

Metallurgie: Zer-Mischmetall, Legierungsbestandteil, Desoxydationsmittel

Schwerindustrie: Flugzeugbau, Fahrzeugbau

Glasindustrie und Keramik: Glasentfärbung, Keramikfarben

Cerit	(Ca, Mg) ₂ (SE) ₈ [SiO ₄] ₇ · 3 H ₂ O	wechselnd	pneumatolytisch, kontakt- metasomatisch
Monazit	(Ce, La, Th) [PO ₄]	wechselnd (seltene Erden)	pegmatitisch, Seifen
Bastnäsit	(Ce, La, Di) [F/CO ₃]	wechselnd	kontaktpneumatolytisch, regionalmetamorph, peg- matitisch-pneumatolytisch

Zink Zn Altertum

(Ø 80 g/t)

Metallurgie: Blech, Korrosionsschutz, Legierungsbestandteil

Elektroindustrie: Trockenbatterien, galvanische Elemente

Chemische Industrie: Farbenherstellung

Sphalerit (Zinkblende) und Wurtzit	ZnS	67 % Zn (Cd, In, Tl, Ge, Ga)	Erzgänge, hydrothermal, kontaktmetasomatisch
Franklinit	ZnFe ₂ O ₄	1–20 % Zn (Mn)	(metamorph)
Zinkit (Rotzinkerz)	ZnO	80 % Zn (Mn)	(metamorph)
Smithsonit (Zinkspat)	ZnCO ₃	52 % Zn (Cd)	metasomatisch im Kalk- stein und Dolomit
Hemimorphit (Kieselzinkerz)	Zn ₄ [(OH) ₂ / Si ₂ O ₇] · H ₂ O	54 % Zn	metasomatisch im Kalk- stein und Dolomit

Zinn Sn Altertum

(Ø 3 g/t)

Metallurgie: Legierungen, Weißblech

Schwerindustrie: Lagermetall

Elektrotechnik: Lötzinn, galvanische Elemente

Chemische Industrie: Chemikalien

Cassiterit (Zinnstein)	SnO ₂	79 % Sn	pegmatitisch-pneumatoly- tisch, hydrothermale Erz- gänge, Seifen
---------------------------	------------------	---------	--

Zirkonium Zr KLAPROTH 1789 (Zirkon)

(Ø 160 g/t)

Metallurgie: Legierungen, Schweißfolien, Lötendraht

Chemische Industrie: Werkstoff, Pyrotechnik

Keramik: Sonderkeramiken

Elektrotechnik: Gettermetall

Kerntechnik: Werkstoff

Zirkon	Zr[SiO ₄]	67 % Zr	pegmatitisch, alkalimagma- tisch, regionalmetamorph, Seifen
Baddeleyit	ZrO ₂	74 % Zr	alkalipegmatitisch, kontaktmetasomatisch?

Industrieminerale

Eine Reihe von Mineralen werden so, wie sie in der Natur vorkommen, wegen bestimmter Eigenschaften gewonnen und in der Industrie verwendet. Mitunter ist eine Anreicherung erforderlich, da diese Minerale oft nicht einziger Bestandteil des Gesteins bzw. des Mineralvorkommens sind. Wie vielfältig man solche Rohstoffe technisch verwerten kann, wird aus folgender Zusammenstellung ersichtlich:

Asbest

Feuerfeste Gewebe; Wärmeschutz und Isolationsmaterial; Füllstoff für Kautschuk und Bremsbeläge; Zementzuschlagstoff (Dach- und Bauplatten)

Baryt (Schwerspat) und Witherit

Beschweren von Dickspülungen in der Tiefbohrtechnik; Spezialbeton; Strahlenschutz; Farbträger; Lithopone; Beschweren von Kunstdruckpapier; Füllmaterial

Bormineralien

Borathaltige Emailen; Gläser und Glasuren; Seifen und Waschmittel; Fluß- und Lötmassen; Frostschutzmittel; Isolations- und Feuerschutzmittel; Präparate in der Pharmazie und Kosmetik

Calcit (Kalkspat)

Bautechnik; Zementindustrie; Zuschlagstoff bei der Roheisenerzeugung. Klar durchsichtiger Calcit (Doppelspat) wird von der optischen Industrie für Polarisatoren benötigt

Diamant

Bohrkronen der Tiefbohrgeräte; Schneid-, Schleif- und Poliermaterial bei der Glas-, Stein- und Metallbearbeitung; Lagerstein von Präzisionsinstrumenten; Härteprüfgeräte; Ziehsteine für die Drahtherstellung

Dolomit

Totgebrannter Dolomit wird zu feuerfesten Massen verarbeitet. Bindemittel in der Bautechnik

Feldspat (und Feldspatvertreter z. T.)

Verwendung in der Grob- und Feinkeramik; Keramikglasuren; Emaille; Glasherstellung

Fluorit (Flußspat)

Flußmittel der Hüttenindustrie; Keramikglasuren; Opalgläser; Zementindustrie; klarer Flußspat für Fluoritoptik, chemische Industrie

Gips (und Anhydrit)

Rohgips: Zementindustrie; Düngemittel; Schwefelsäuregewinnung; Ammoniumsulfatproduktion

Brantgips: Gußformen der Eisenindustrie; Keramik; Modellgips usw.; Füllmittel

Glimmer (Muskovit, Biotit, Lithiumglimmer)

Anwendung in der Elektroindustrie als Isolationsmaterial (Fernseh- und Radioröhren; Radargeräte, Generatoren und Transformatoren); Füllstoff für Dachpappe; Glanztapeten; Gummi und Kunststoffe

Granat

Schleifmittel für Glas, Holz und Kunststoffe

Graphit

Graphit-Schmelztiegel; Bleistifte; Elektroden; Schleifbürsten in Elektromotoren; Kohlenstäbe für Trockenbatterien; Farb-, Schmier-, Poliermittel; Galvanoplastik; Reaktorgraphit (Moderator und Reflektor)

Kieselgur

Filterungsmittel zum Reinigen von Ölen und Fetten; Füllmittel von Papier, Gummi, Kunststoffen u. a.; Herstellung von Leichtbausteinen und -beton; Glasuren und Emaille; Schleif- und Poliermittel, Farbträger u. a.

Korund

Hochfeuerfest-Keramik; Schleifmittel; Lagersteine feinmechanischer Geräte

Magnesit

Sintermagnesit: feuerfeste Steine, Chrommagnesitsteine

Kaustischer Magnesit; Sorelzement; Steinholzböden und -platten; Leichtbauplatten

Quarz

Schwingquarze für Elektrotechnik; Quarzglas und Quarzgut; Glas- und Porzellanherstellung; Quarzsand: Ferrosiliziumerzeugung; Formsand; Baumaterial; Filterstoffe; Füllmittel; Schleifmaterial

Rutil

Schutzhülle für Stahlschweißstäbe, Keramikfarbe und -glasur

Salzminerale

1. Kalisalze (Sylvin, Carnallit): Kunstdünger
2. Halit (Steinsalz): Lebensmittelkonservierung; Gewürz
3. Chilesalpeter: Düngemittel
4. Soda: Seifen- und Glasindustrie
5. Borax: Glasindustrie; Waschmittelproduktion

Schwefel

Schwefelsäuregewinnung; Insektizid, Gummiindustrie

Sillimanit (und Andalusit, Disthen)

Hochfeuerfest-Keramik (Ausmauerung von Hochöfen, Glaswannen); Spezialporzellane

Talk (und Pyrophyllit)

Talkum; Füllmassen für Papier, Gummi, Seifen; Trägerstoff für Insektizide
Isolationskeramik der Elektrotechnik; Trübungsmittel für Gläser

Tonminerale

Zu dieser Gruppe gehören viele Minerale, wie Kaolinit, Montmorillonit, Illit, Chlorit, Attapulgit, Sepiolith, Allophanit u. a. m., die alle mehr oder weniger spezifische Eigenschaften aufweisen. Tonminerale verwendet man in der *Fein- und Grobkeramik* (Porzellan, Steingut, hochfeuerfeste Produkte) und in der Glas- und Zementindustrie, außerdem als Füllstoff für Papier, Textilien, Gummi, Linoleum, Asbest; Trägersubstanz für Farbstoffe und Insektizide; Bleicherden, Absorber- und Filtermaterial.

Der quellfähige Bentonit ist ein wichtiger Bestandteil der Bohrspülung für Tiefbohrungen. Tonminerale mit großer spezifischer Oberfläche (Attapulgit, Sepiolith) werden als Klärmittel für Petroleumöle und zum Entgiften von Auspuffgasen verwendet.

Wollastonit

Schweißelektroden, Farbträger

Edelsteine

Besonders schöne Minerale werden von altersher als Edelsteine geschätzt. Die Eigenschaften, die einen Edelstein auszeichnen, sind eine gewisse Härte, die Farbe oder auffallende Farbeffekte und nicht zuletzt natürlich die „Seltenheit“. Ein Mineral, das als Edelstein gelten soll, muß sich polieren lassen und möglichst widerstandsfähig sein. Bei den wertvolleren Edelsteinen setzt man voraus, daß sie durchsichtig und nicht durch Einschlüsse oder Risse getrübt sind. Eine Ausnahme bildet nur der Smaragd, dessen Wert durch Trübung nicht gemindert wird. Auch sollte die Färbung gleichmäßig sein und nicht wolkig oder schlierig. Der Glanz und die „Farbzerstreuung“ sind für den Edelsteincharakter eines Minerals ebenfalls bedeutsam. Neben physikalischen Eigenschaften und ästhetischen Gesichtspunkten bestimmt die zum Teil auf mystischen Vorstellungen beruhende Tradition den Wert des Edelsteins. Der Preis mancher Steine wird weniger durch ihr seltenes Vorkommen, als vielmehr durch eine begrenzte Produktion auf etwa gleicher Höhe gehalten.

Wer einen Edelstein richtig bestimmen will, muß eine gewisse Erfahrung haben und mit optischen Instrumenten umzugehen wissen. Ohne die Bestimmung optischer Daten und der Dichte ist es kaum möglich, Verwechslungen auszuschließen. Auch ein erfahrener Juwelier wird die exakte Bestimmung in vielen Fällen dem Mineralogen oder einem Edelsteinlaboratorium übertragen, um Irrtümer zu vermeiden.

Berücksichtigen wir ferner, daß viele wertvolle Edelsteine nachgeahmt (imitiert), aber auch künstlich hergestellt (synthetisiert) werden, so versteht es sich, daß zwischen echten Steinen, Imitationen und Synthesen unterschieden werden muß. Das ist nicht immer einfach, und besonders die Edelsteinsynthesen, die ja die gleiche chemische Zusammensetzung und auch den gleichen Gitterbau besitzen wie die natürlichen Steine, können nur durch das spezielle Studium von Einschlüssen, Wachstumsstörungen und anderen Erscheinungen erkannt werden. Die natürlichen Steine erzielen in der Regel einen viel höheren Preis als solche, die dem Labor entstammen. Der Preis der echten Steine hängt jedoch nicht nur von der Größe ab. Vom Fachmann wird bei sehr wertvollen Mineralen, z. B. dem Diamant, auf winzige Einschlüsse und andere Fehler geachtet. Danach richtet sich dann der Preis des Edelsteins.

Zum „Edelstein“ wird ein Mineral erst durch künstliche Bearbeitung, d. h. durch den „Schliff“. Schleifen und Polieren erhöhen die optische Wirkung. Das „Feuer“ der geschliffenen Diamanten (Brillanten) kommt dadurch zustande, daß die reflektierenden Flächen günstig orientiert werden.

Die meisten Minerale erhalten durch den Schliff eine ebene Fläche an der Oberseite; das erleichtert die Bestimmung der Lichtbrechung mit dem Refraktometer. Andererseits ist die Bestimmung der Dichte dadurch erschwert, daß die Edelsteine „gefaßt“ sind. Ist eine Dichtebestimmung unbedingt erforderlich, dann muß der Stein von einem Fachmann aus der Fassung genommen werden.

Das Gewicht der Edelsteine wird in *Karat* angegeben.

$$1 \text{ Karat} = 0,2 \text{ g} = 200 \text{ mg.}$$

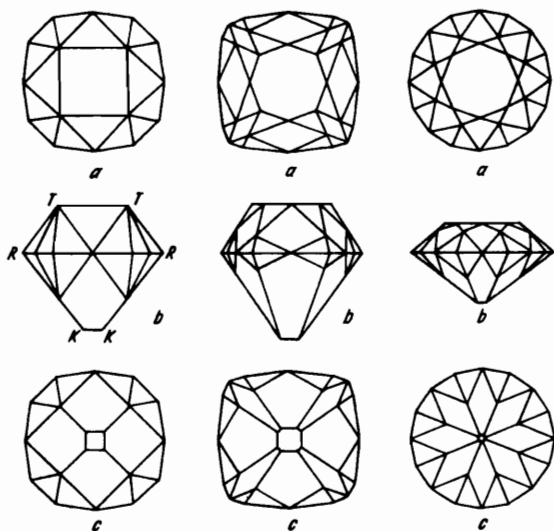
Die häufigeren Steine und die Synthesen werden auch nach Gramm gehandelt.

Über die Dichte- und Härtebestimmung ist an anderer Stelle das Nötige gesagt worden. Die Ritzprobe darf bei Edelsteinen nur an unauffälligen Stellen (Unterseite) vorgenommen werden; besser noch verzichtet man ganz darauf. Die Ermittlung von Spaltbarkeit und Bruch erübrigt sich von selbst, so daß von den äußeren Merkmalen eines Minerals nur Farbe, Durchsichtigkeit und Glanz beurteilt werden können. Das genügt nicht für die *exakte* Edelsteinbestimmung. Zu diesem Zweck muß man vor allem *optische Daten* ermitteln, und zwar sind zu prüfen: Licht- und Doppelbrechung, Pleochroismus, Dispersion („Farbzerstreuung“) und Absorption.

Es würde zu weit führen, diese optischen Erscheinungen hier sämtlich zu erklären. Sie werden in den Lehrbüchern der Physik und Kristallographie erläutert, aber auch in Büchern, die sich speziell mit der Bestimmung von Edelsteinen befassen. Die meisten optischen Eigenschaften kann man nur mit Hilfe von Instrumenten feststellen (Refraktometer, Polarisationsmikroskop, Spektroskop u. a.).

Am einfachsten ist noch die Lichtbrechung zu bestimmen, da sie als kennzeichnende Größe an den gebräuchlichen Refraktometern unmittelbar abzulesen ist.

In der folgenden Zusammenstellung der Edelsteine sind als Bestimmungshilfen nur die Lichtbrechungswerte und die Tatsache der Einfach- bzw. Doppelbrechung verzeichnet. Damit geben wir Hinweise, die eine fachmännische Edelsteinbestimmung aber in keiner Weise ersetzen können. Vielmehr wollen wir mit der Zusammenstellung nur zeigen, welche Minerale überhaupt als Edelsteine verwendet werden.



Mazarinschliff

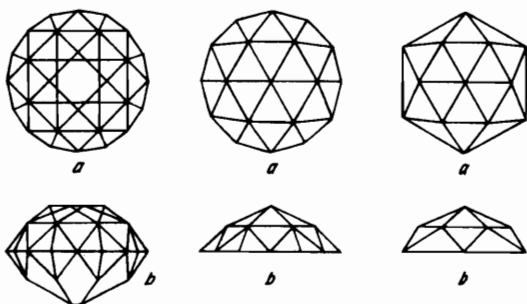
a = Tafelseite
T - T = Tafel

Peruzzischliff

b = Seitenansicht
R - R = Rondiste

Brillantschliff

c = Unterseite
K - K = Kalette



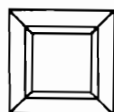
Amerikanischer Brillantschliff

a = Tafelseite

Volle holländische Rose

b = Seitenansicht

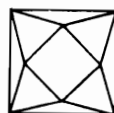
Halbe holländische Rose



Quadrat



Baguette



French-cut



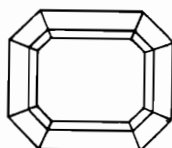
Markise



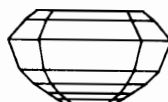
Briolett



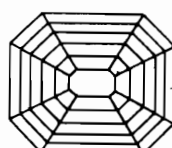
Pendeloque



Tafelseite



*Treppenschliff
Seitenansicht*



Unterseite



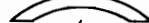
Kugel



Olive



a



b

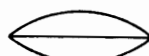
Cabochon

a) voll

b) ausgeschliffen



Kegel



Dublette

Schliffformen

DURCHSICHTIGE EDELSTEINE

Diamant

Farbe: völlig farblos oder blaß gefärbt; aber auch farbige Steine

Härte: 10
Dichte: $3,52 \pm 0,01$
Lichtbrechung: 2,4
Doppelbrechung fehlt

Abb. Seite 174

Neben der Größe bestimmen Farbe, Einschlüsse und Schliffgüte den Wert eines Diamanten.

Das Verhältnis von Schmuckdiamanten zu Industriediamanten ist etwa 20 : 80. Nach SCHLOSSMACHER (1962) umfaßt die Diamantproduktion 94,3% der gesamten Edelsteinproduktion.

Synthese: Die Diamantsynthese kann seit 1955 in größerem Umfang betrieben werden, liefert aber vorerst nur Industriediamanten.

Imitationen/Verwechslungen: Ähnlich ist das synthetische Strontiumtitanat, das mit dem Namen „Fabulit“ auf den Markt kommt. Seine Härte ist wesentlich geringer, die Dichte merklich höher ($D = 5,13$). Zirkon ähnelt dem Diamanten, weist aber Doppelbrechung auf.

Als weitere Diamantimitationen finden Yttriumaluminiumgranat (YAG), der jedoch niedriger lichtbrechend ist, und neuerdings Zirkonoxid (Zirkonia, Djevalith, Phianit) mit sehr guten optischen Eigenschaften Verwendung, die synthetisch erzeugt werden.

Rubin = rot

Saphir = blau

Farbabarten des Korunds

Härte: 9
Dichte: $4,00 \pm 0,03$
Lichtbrechung: 1,762–1,770
Doppelbrechung vorhanden

Abb. Seite 174

Von diesen Edelsteinvarietäten verdankt Rubin seine rote Farbe geringen Chrombeimengungen. Saphir ist durch Eisen blau gefärbt. Beide Steine sind klar durchsichtig. Einige Rubine und Saphire zeigen, wenn sie rundlich geschliffen sind, einen sechsstrahligen Lichtschein (Sternrubin bzw. -saphir). Saphir ist mit 1,5% und Rubin mit nur 0,5% an der Gesamtproduktion von Edelsteinen beteiligt.

Synthese: Bereits im vorigen Jahrhundert ist die künstliche Herstellung gelungen. Seit etwa 1910 werden sowohl synthetische Rubine als auch synthetische Saphire nach dem VERNEUIL-Verfahren industriell in großer Menge hergestellt. Den Synthesen fehlen die natürlichen Einschlüsse, sie haben flachgekrümmte Anwachsstreifen und unter Umständen Luftblasen.

Imitationen/Verwechslungen: Glasimitationen sind einfachbrechend. Minerale der Chrysoberyllgruppe haben eine niedrigere Lichtbrechung. Rote Varietäten von Granat zeigen keine Doppelbrechung. „Kaprubin“ = *Granat*; „Balasrubin“ = *Spinell*.

Smaragd = smaragdgrün**Aquamarin** = lichtblau bis blaugrün*Farbabarten des Berylls*Härte: $7\frac{1}{2}$ –8

Dichte: 2,72

Lichtbrechung: 1,577–1,583

Doppelbrechung vorhanden

Abb. Seite 174

Am wertvollsten ist der eigenartig grüne Smaragd, der im Wert den beiden Edelsteinen Diamant und Rubin entspricht. Im Unterschied zu ihm ist Aquamarin gleichmäßiger gefärbt und durchsichtig. Neben diesen beiden Edelsteinvarietäten gibt es auch Berylle mit anderen Färbungen (rosa, gelb, blaugrün), die ebenfalls geschliffen werden.

Synthesen: Künstlicher Smaragd wurde zuerst in Deutschland hergestellt. Neuerdings werden Smaragdsynthesen in den USA von CHATHAM durchgeführt. Ihre Lichtbrechung ist etwas niedriger als die der natürlichen Steine. Aquamarine sind als Synthesen nicht bekannt.

Imitationen/Verwechslungen: Sowohl Smaragd als auch Aquamarin werden imitiert durch entsprechend gefärbte synthetische Korunde und Spinelle, die an ihren anderen charakteristischen Eigenschaften schnell zu erkennen sind. Verbreitet sind z. T. raffinierte Imitationen aus Bergkristall mit einer chromgefärbten Glaslamelle für Smaragd und die verschiedensten Glasimitationen, die man an fehlender Doppelbrechung erkennt. „Uralsmaragd“ = grüner Granat.

Alexandrit = grün bei Tageslicht, rot bei Lampenlicht**edles Katzenauge** = gelblichgrün mit silberweißer Lichtlinie*Edelsteinabarten des Chrysoberylls*Härte: $8\frac{1}{2}$ Dichte: $3,73 \pm 0,02$

Lichtbrechung: 1,746–1,755

Doppelbrechung vorhanden

Auffällig ist die Farbänderung des Alexandrits, die besonders bei etwas dickeren Steinen gut sichtbar ist. Das Chrysoberyll-Katzenauge, auch Cymophan genannt, enthält zahllose feine Hohlkanäle, die bei den rundlich geschliffenen Steinen eine silberweiße Lichtlinie hervorrufen. Beide Edelsteine sind ausgesprochene Liebhäbnersteine, für die bei entsprechender Qualität sehr hohe Preise gezahlt werden.

Imitationen/Verwechslungen: Es gibt alexandritartige Korunde und auch künstliche Korunde, die dem Alexandrit ähnlich sind. Beide weisen eine höhere Lichtbrechung auf.

Im Unterschied zum edlen Katzenauge ist das Quarzkatzenauge undurchsichtig. Seine Lichtlinie ist verwaschener und die Dichte geringer.

Turmalin

Farbe: sehr farbenreich; meist grün, gelb- bis blaugrün in allen Farbtiefen
rot = Rubellit
blau = Indigolith

Härte: 7

Dichte: $3,06 \pm 0,05$

Lichtbrechung: 1,624–1,644

Doppelbrechung vorhanden

Abb. Seite 175

Turmalin gewinnt im Edelsteinhandel zunehmend an Bedeutung. Am beliebtesten sind die tiefgrün gefärbten Steine aus Brasilien.

Imitationen/Verwechslungen: Während es synthetischen Turmalin nicht gibt, kennen wir Imitationen aus verschiedenen Gläsern und aus künstlichem Spinell, denen aber die Doppelbrechung fehlt. Viele Steine können ähnliche Farben aufweisen. Um sie vom Turmalin zu unterscheiden, müssen die optischen Eigenschaften geprüft werden. Rosatopas hat ähnliche Lichtbrechungswerte, jedoch eine größere Dichte (3,53).

Granat

Mineralgruppe mit wechselnder chemischer Zusammensetzung und variablen Eigenschaften

Härte: $6\frac{1}{2}$ –7
Dichte: 3,41–4,15
Lichtbrechung: 1,74–1,87
Doppelbrechung fehlt

Farbe: vor allem rot, grün, braun;
selten farblos

Als Edelstein wird besonders der *rote Pyrop* verwendet, ferner der ebenfalls *rotgefärbte Almandin* und der *smaragdgrüne Demantoid* (ein Vertreter der Andraditreihe), seltener ein lichtbrauner Grossular, den man *Hessonit* nennt.

Imitationen/Verwechslungen: Glasimitationen weisen eine geringere Härte als echter Granat auf. Rubin, mit dem die roten Granate verwechselt werden könnten, zeigt Doppelbrechung. Das gleiche gilt für Smaragd und Peridot; mit ihnen könnte Demantoid auf Grund der ähnlichen Farbe verwechselt werden. Brauner Hessonit ist im Unterschied zu ebenso gefärbtem Zirkon optisch einfachbrechend. Schwieriger zu unterscheiden sind rote Spinelle und roter Granat (Almandin). Durch spektroskopische Untersuchung kann man jedoch einwandfrei und verhältnismäßig einfach feststellen, um welchen Edelstein es sich handelt. (Die beiden Minerale haben ein unterschiedliches Absorptionsspektrum.)

Zirkon

Auffallend schwankende Eigenschaften, abhängig von der Zersetzung durch eingelagerte radioaktive Substanz

Härte: $6\frac{1}{2}$ – $7\frac{1}{2}$ (spröde!)
Dichte: 4,0–4,7 (!)
Lichtbrechung: 1,8–1,984
Doppelbrechung vorhanden

Farbe: sehr mannigfaltig, auch farblos;
braun bis braunrot = Hyazinth

Die hohe Lichtbrechung, die einen starken Glanz bewirkt, und das beträchtliche Farberstreuungsvermögen lassen den Zirkon als Edelstein geeignet erscheinen. Sein Nachteil besteht darin, daß er ziemlich spröde ist und deshalb leicht ausbrechen kann. Die Farbe des natürlichen Zirkons läßt sich durch entsprechende Behandlung verändern. Durch Erhitzen im Sauerstoffstrom werden die braunen Hyazinthe farblos. Durch Erhitzen in Kohlenstoff, also in reduzierender Atmosphäre, entstehen bei Temperaturen zwischen 800 und 900 °C aus den braunen Hyazinthen blaue Zirkone.

Imitationen/Verwechslungen: Künstlich hergestellter blauer Spinell ist an der niedrigeren Lichtbrechung zu erkennen. Zirkon kann nur mit Diamant und Saphir verwechselt werden, doch gibt es eindeutige optische Unterscheidungsmöglichkeiten.

Topas

Farbe: farblos oder mit blassen blauen, gelben, roten, rosa, grünen, violetten oder braunorangefarbenen Tönen; selten kräftig braun

Härte: 8
Dichte: $3,52 \pm 0,04$
Lichtbrechung: 1,619–1,627
Doppelbrechung vorhanden

Abb. Seite 174

Am beliebtesten sind die leicht braun oder rosa gefärbten Topase, von denen die rosafarbenen zumeist durch Brennen bei einer Temperatur von 350 bis 450 °C aus braunen oder gelben Topasen erzeugt werden.

Imitationen/Verwechslungen: Gebrannte Amethyste und Citrine bezeichnet man oft fälschlich als Topas. Neben abweichenden optischen Eigenschaften haben sie einen geringeren Glanz. Da Topas in so vielen Farbvarietäten erscheint, sind Verwechslungen mit anderen farblosen, gelben, braunen und bläulichen Steinen möglich. Um sie auszuschließen, müssen Licht- und Doppelbrechung ermittelt werden. „Orientalischer Topas“ = gelblicher *Korund*; „spanischer Topas“ = gelber *Quarz* (Citrin).

Peridot (Chrysolith)

Olivin mit Edelsteinqualität
Farbe: sehr schönes Gelb- bis Braungrün

Härte: $6\frac{1}{2}$ –7
Dichte: $3,4 \pm 0,08$
Lichtbrechung: 1,654–1,690
Doppelbrechung vorhanden

Nur selten erreicht das gesteinsbildende Mineral Olivin Edelsteinqualität. Wegen seiner Farbe eignet sich Peridot gut als Schmuck, lediglich die geringe Härte ist ein gewisser Nachteil.

Imitationen/Verwechslungen: Glasimitationen mit guter Farbgebung sind durch fehlende Doppelbrechung als unecht nachzuweisen. Ein peridotfarbiger künstlicher Spinell wird vom Fachmann an der unnatürlichen Farbe erkannt. Verwechseln kann man Peridot allenfalls mit Demantoid (einfachbrechend) und mit gelbgrünem Turmalin und Chrysoberyll; diese Edelsteine zeigen jedoch andere Dichte und Lichtbrechung.

Spinell

Farbe: je nach den farbgebenden Beimengungen recht verschieden

Härte: 8
Dichte: 3,6 bis 4,0
Lichtbrechung: 1,718–1,76
Doppelbrechung fehlt

Abb. Seite 174

Die wichtigsten Edelstein-spinelle sind rosa oder rot gefärbt; daneben werden saphirfarbige blaue, aber auch braune, violette, gelbe, grüne und farblose Spinelle geschliffen. Spinelle sind als Edelsteine im Handel nicht besonders verbreitet.

Synthese: Spinelle werden – ebenso wie Rubine und Saphire – nach dem VERNEUIL-Verfahren hergestellt. Diese künstlichen Steine besitzen innere Spannungen, die sich durch *anomale Doppelbrechung* zu erkennen geben. Da es nur schlecht gelingt, die charakteristischen Spinellfarben nachzuahmen, finden die Synthesen nicht als Spinelle, sondern anstelle von Aquamarin, grünem Turmalin und blauem Zirkon Eingang in den Edelsteinhandel.

Imitationen/Verwechslungen: Nachahmungen gibt es kaum, wenn man von entsprechend gefärbten Gläsern absieht, die durch unnatürliche Farbtöne leicht erkennbar sind. Verwechslungen mit Rubin und Saphir lassen sich ausschließen, da Spinelle im Gegensatz zu diesen Steinen keine Doppelbrechung zeigen. Zwischen Spinell und niedrig lichtbrechendem Granat kann nur mit Hilfe des Absorptionsspektrums unterschieden werden.
Arizona-Spinell = *Chromgranat*

Kunzit = rosa mit Stich ins Bläulichviolette

Hiddenit = gelb bis grün

Farbabarten des Spodumens

Härte: 6–7

Dichte: 3,18

Lichtbrechung: 1,660–1,676

Doppelbrechung vorhanden

Als Edelstein wird vor allem *Kunzit* verwendet, der sich durch eine sehr schöne rosa Farbe auszeichnet. Im Gegensatz zu dem meist undurchsichtigen und unansehnlich graugefärbten Spodumen ist Kunzit klar durchsichtig. Der ebenfalls durchsichtige Hiddenit ist als Edelstein nicht sehr verbreitet.

Tansanit

Farbe: saphirblau, amethystviolett

Härte: 6½–7

Dichte: 3,35

Lichtbrechung: 1,69–1,70

Doppelbrechung vorhanden

Dieser, nach dem Staat Tansania (Afrika) benannte Stein ist ein blauer, durchsichtiger Zoisit, von dem bisher nur ein einziges Vorkommen bekannt ist. Als Neuheit ist dieses Mineral im Edelsteinhandel recht verbreitet.

Imitationen/Verwechslungen: Imitationen werden als Dubletten mit Tansanit-Oberteil auf Glas und aus synthetischen, farblosen Spinellen mit tansanitfarbigem Kitt hergestellt. Verwechslungsmöglichkeiten bestehen mit Saphir, der eine höhere Lichtbrechung besitzt, und mit ähnlich farbigem synthetischem Korund.

Brasilianit

Farbe: gelb, grünlichgelb

Härte: 5½

Dichte: 2,98–2,99

Lichtbrechung: 1,603–1,632

Doppelbrechung vorhanden

Brasilianit, benannt nach Fundorten in Minas Gerais und Espirito Santo in Brasilien, gehört zu den neu entdeckten Mineralen, die als Schmucksteine Verwendung finden können.

Da dieser Stein nicht sehr verbreitet ist, soll auf *Verwechslungsmöglichkeiten* mit Beryll, Chrysoberyll und Topas aufmerksam gemacht werden.

*Quarzvarietäten:***Bergkristall** = klar, durchsichtig,
farblos**Rauchquarz** = braun bis fast
schwarz**Amethyst** = violett bis
purpurrot**Citrin** = gelb bis braun

Härte: 7

Dichte: 2,65

Lichtbrechung: 1,544–1,553

Doppelbrechung vorhanden

Von den durchsichtigen Abarten der Quarzfamilie ist der Amethyst am beliebtesten und am weitesten verbreitet. Durch Brennen kann er eine gelbe bis braune Farbe annehmen. Er gelangt dann als „Gold-, Palmeiro-, Madeiratopas“ usw. in den Handel. Bei dieser Gelegenheit sei darauf hingewiesen, daß solche Phantasiebeiworte („Hochstaplernamen“) immer verdächtig sind.

Manche Amethyste verblassen im Verlaufe der Zeit. Ebenso wie der gebrannte Amethyst wird auch der in allen möglichen Tönen gelb gefärbte Citrin oft als Topas ausgegeben. Der geringere Wert des Rauchquarzes und des Bergkristalls erklärt sich aus der Verbreitung dieser Quarzvarietäten.

Synthesen: Bergkristall wird in ziemlich großer Menge künstlich hergestellt, jedoch ausschließlich für technische Zwecke.

Imitationen/Verwechslungen: Wegen des verhältnismäßig niedrigen Preises werden die Edelsteine der Quarzfamilie kaum nachgeahmt. Glasimitationen und violetter Flußpat sind im Gegensatz zu Amethyst nicht doppelbrechend. Kunzit und violetter Korund haben eine viel höhere Lichtbrechung. Das gleiche gilt für gelbe und braune Steine, die in ihrer Farbe dem Citrin ähneln. Lediglich gelber Orthoklas stellt eine Ausnahme dar, wird jedoch kaum verschliffen.

UNDURCHSICHTIGE UND DURCHSCHEINENDE EDELSTEINE

Türkis

Farbe: helles Himmelblau mit Übergängen zu einem mit Grau und Blau untermischten Grün

Härte: 5–6
Dichte: 2,76–2,81
Lichtbrechung: 1,61–1,65
Doppelbrechung vorhanden

Türkis wird meist mugelig (mit gewölbter Oberfläche) und mit ebener Unterfläche geschliffen. Steine, die eine graue oder schwarze Aderung zeigen, nennt man *Türkismatrix*. Manche Türkise werden mit bestimmten Farbstoffen behandelt (Berliner Blau, Anilinfarben).

Imitationen/Verwechslungen: Während synthetischer Türkis nicht bekannt ist, gibt es mehrere sehr geschickte Nachahmungen, die aus Kunstharz, Glas, Email, Porzellan oder Preßmassen (Aluminiumhydroxid, Elfenbeinstücken) bestehen. Sogenannter „Zahntürkis“ erscheint bei Lampenlicht grau. Türkis kann man mit Lazulith und Variszit verwechseln. Diese Minerale werden gelegentlich zu Edelsteinen verarbeitet, weisen jedoch eine andere Dichte auf.

Lapislazuli

Farbe: dunkellasurel blau bis hellblau mit goldglänzenden Punkten

Härte: 5–6
Dichte: 2,75
Lichtbrechung: etwa 1,50
(Lasurit)

Lapislazuli besteht – im Unterschied zu den anderen Edelsteinen – aus mehreren Mineralen, und zwar aus Lasurit, Calcit, Augit, Hornblende und Pyrit. Am beliebtesten sind bereits seit dem Altertum gleichmäßig gefärbte Stücke mit gut verteilten goldglänzenden Pyritkörnern.

Imitationen/Verwechslungen: Den begehrten Lapislazuli ahmt man in verschiedener Weise nach. Grauer Jaspis und rissiger Quarz werden künstlich gefärbt und als „Deutscher bzw. Schweizer Lapis“ angeboten. Auch Glasimitationen und lapisfarbige synthetische Sinterspinelle sind bekannt. Die lapisfarbigen Spinelle erkennt man leicht an ihrem höheren Glanz. Eine Verwechslung ist allenfalls mit Lazulith möglich, der jedoch nur selten geschliffen wird.

Tscharoit

Farbe: fliederfarben, violett

Dichte: 2,54
Lichtbrechung: etwa 1,55

Dieses Mineral wurde erst vor wenigen Jahren in der nördlichen Umgebung des Baikalsees entdeckt. Es bildete sich als kompliziert zusammengesetztes Silikat im Kontaktbereich zwischen Syenitgesteinen und Kalkstein. Tscharoit bildet glasglänzende, faserige Aggregate in enger Verwachsung mit einigen anderen Mineralen. Aus ihm werden Schmuckstücke und Ziergefäße hergestellt.

Da es sich um ein bisher einmaliges Vorkommen handelt, sind Verwechslungen fast auszuschließen.

Quarzvarietäten

Auch zahlreiche feinkörnige bis dichte Varietäten der Quarzgruppe verwendet man als Edelsteine. Sie haben die gleiche Härte, Dichte, Licht- und Doppelbrechung wie die durchsichtigen Abarten (Bergkristall, Rauchquarz, Amethyst, Citrin). Hier sollen nur die Namen der Abarten erwähnt und ihre wesentlichen Eigenschaften geschildert werden:

Aventurinquarz

Feinkörniges Aggregat mit einem vielfarbigen metallischen Schimmer, der durch eingelagerte Mineralblättchen entsteht

Jaspis

Meist rot, rotbraun, gelb oder grün gefärbtes Quarzaggregat mit fleckiger, streifiger, geflammter oder ganz unregelmäßiger Zeichnung

Saphirquarz

Durch eingelagerte Hornblendefasern tiefblau gefärbtes Quarzaggregat

Amethystquarz

Durchscheinender, violett gefärbter Quarz

Prasem

Derber, faseriger Quarz von lauchgrüner Farbe

Quarzkatzenauge

Stengeliges Quarzaggregat mit eingelagerten Hornblendefasern, durch die bei mugeligem (gewölbtem) Schliff eine Lichtlinie hervorgebracht wird

Falkenauge

Feinkristallines, parallelstengeliges Quarzaggregat mit eingelagerten Hornblendefasern; undurchsichtig und dunkel blaugrau gefärbt; auffälliger Seidenglanz

Tigerauge

Durch Verwitterung aus Falkenauge hervorgegangen; gelb, braun und gelegentlich schön goldbraun gefärbt; zeigt ebenfalls einen seidigen Glanz

Chalcedon

Mit diesem Namen werden alle dichten Quarzaggregate bezeichnet, die aus mikroskopisch feinen, parallel zueinander orientierten Fasern bestehen. Die zu Schmuck verwendeten Chalcedonarten haben die im folgenden zusammengestellten Sondernamen:

Chrysopras

Durch Einlagerungen wasserhaltiger Nickelsilikate schön apfelgrün gefärbter Chalcedon

Karneol (Sarder)

Roter bis braunroter oder rotbrauner Chalcedon

Heliotrop (Blutjaspis)

Grüngefärbter Chalcedon mit roten Punkten

Achat

Gebänderter, konzentrisch schaliger Chalcedon. Das von Natur aus oft unscheinbare Material wird vor der Verarbeitung zu Schmuckgegenständen meist gefärbt.

Moosachat

Durchscheinender Chalcedon mit moosartig eingelagerten Hornblendefasern

Eine große Anzahl dieser an sich nicht besonders wertvollen Steine wird nachgeahmt. Ihren Wert erhalten viele feinkörnige Quarzabarten erst durch eine kunstvolle Verarbeitung zu Schmuck, wobei die Anfertigung von Gemmen aus gebändertem Achat wohl den Vorrang hat.

Opal

Härte: 6
Dichte: $2,15 \pm 0,08$
Lichtbrechung: 1,45
Doppelbrechung fehlt

Von diesem gelförmigen Material, das aus Kieselsäure und wechselnden Gehalten an Wasser besteht, werden die opalisierenden Stücke als *Edelopal* verarbeitet. Dieser Edelopal zeigt bunte Farbflecke in allen möglichen Schattierungen und Formen, die sich bei wechselnder Blickrichtung verändern. Durch rundliche Schliffformen werden die Farbeffekte gut zur Wirkung gebracht.

Im Gegensatz zum Edelopal sind die gemeinen Opalabarten, darunter als besondere Varietät ein durchsichtiger bis durchscheinender, hellbräunlichgelb bis tiefbraun-rot gefärbter „Feueropal“, weniger wertvoll und verbreitet.

Imitationen/Verwechslungen: Opalnachahmungen aus Glas können im allgemeinen leicht erkannt werden. Da nur den „Edelopal“ das eigenartige Farbspiel auszeichnet, sind Verwechslungen mit anderen Steinen kaum möglich.

Feldspatvarietäten

Mondstein

Farbe: fast farblos und stark durchscheinend

Härte: 6–6½
Dichte: 2,62
Lichtbrechung: 1,532–1,542
Doppelbrechung vorhanden

Mondstein ist ein Kalifeldspat, bei dem auf einer gewölbten Schlifffläche ein bläulicher Lichtschein auftritt. Beim Bewegen gleitet dieser wogende Schein über den Stein hinweg.

Imitationen/Verwechslungen: Glasimitationen sind einfachbrechend, ebenso ein mondsteinartiger synthetischer Spinell.

Amazonit

Farbe: blaß- bis dunkelgrün mit
einem bläulichen Stich

Härte: 6–6½
Dichte: 2,62
Lichtbrechung: 1,532–1,542
Doppelbrechung vorhanden

Amazonit ist ein undurchsichtiger Kalifeldspat (Mikrolin), der vermutlich durch geringe Kupfergehalte grün gefärbt ist.

Labradorit

Farbe: dunkel rauchgrau bis aschgrau
und undurchsichtig

Härte: 6
Dichte: 2,70
Lichtbrechung: 1,559–1,568
Doppelbrechung vorhanden

Labradorit ist ein kalziumreicher Plagioklas, der ein lebhaftes Farbenspiel in Form von metallisch glänzenden, vor allem blauen und grünen Tönen (den Anlauf-farben des Stahls ähnelnd) aufweist. Die Farbverteilung und die Farbtöne ändern sich beim Bewegen des Steins. Verwechslungen sind kaum möglich.

Jade

Unter der Bezeichnung Jade versteht man im Edelsteinhandel die drei folgenden Minerale:

Nephrit

Farbe: grün, aber auch braun, gelb,
blau und rot; elfenbeinweiß

Härte: 6–6½
Dichte: 2,95
Lichtbrechung: 1,606–1,632
Doppelbrechung vorhanden

Nephrit ist ein feinkörniges Aggregat winziger Hornblendenädelchen. Am beliebtesten sind die grünen oder elfenbeinweißen Arten mit gleichmäßiger Farbverteilung. Die mugelig geschliffenen Steine sind nur an den Kanten durchscheinend.

Jadeit

Farbe: reinweiß mit Stich ins Rote;
grünlichweiß, bläulichgrün,
lauch- und smaragdgrün

Härte: 6½–7
Dichte: 3,34
Lichtbrechung: 1,66–1,68
Doppelbrechung vorhanden

Jadeit ist ein spezieller Augit. Am wertvollsten sind halbdurchsichtige, smaragdgrüne Stücke. Der Edelsteinfachmann bezeichnet sie als „Imperial Jade“.

Chloromelanit

Entspricht in der Zusammensetzung weitgehend dem Jadeit, hat aber einen größeren Eisengehalt und dementsprechend eine *dunkelgrüne bis schwarze Farbe*. Auch die Dichte ist mit $D = 3,4$ höher als die des Jadeits.

Jade wird für Schmuck, häufiger jedoch für Ziergegenstände verwendet.

Imitationen: Eine Bleiglasnachahmung erkennt man an Luftbläschen. „Mexican-jade“ ist gefärbter Kalk. Schwieriger lassen sich Jade-Edelsteine von täuschend ähnlichen „Triplets“ unterscheiden, die aus wertloserem Jade zusammengesetzt sind. Zwischen den einzelnen Teilen befindet sich ein smaragdgrüner Farbstoff. Auch andere, künstlich gefärbte Stücke kann man nur spektroskopisch eindeutig als Nachahmung kennzeichnen.

Außer den erwähnten Mineralen verarbeitet man untergeordnet einige weitere Minerale zu Schmuck. Sie sind aber im Handel kaum anzutreffen, sondern werden nur gelegentlich geschliffen. Da lediglich der Edelsteinfachmann Interesse für sie hat, verzichten wir darauf, sie zu erwähnen.

GENAUE ANGABEN ZU DEN IM FARBTEIL ABGEBILDETEN MINERALEN

Die Reihenfolge des Verzeichnisses entspricht der Folge der Farbtafeln im Text (Seiten 137 bis 176).

Innerhalb jeder Farbtafel ist die Reihenfolge der Farbfotos von links oben nach rechts unten eingehalten.

Seite	Name (internationale Bezeichnung)	Vorkommen
137	Wismut (3) Silber (4) Arsenopyrit (14) Arsenopyrit (14) mit Ankerit (182) Graphit (17) Molybdänit (18) (grau) mit Pyrit (49) und Quarz (284)	Miluni/Bolivien Mexiko Freiberg/DDR Freiberg/DDR Ticonderago/USA Niederboblitzsch/DDR
138	Antimonit (22) mit Antimonocker Antimonit (22) Galenit (24) mit Siderit (200) Jamesonit (25) mit Quarz (284) Chalkosin (27) mit Azurit (115) (blau) und Chrysokoll (155) (grün) Bournonit (28)	Ringwood/Australien Kremnica/ČSSR Neudorf, Harz/DDR Příbram/ČSSR Wrili Briag/Bulgarien Cavnic/Rumänien
139	Tetraedrit (31) mit Quarz (284) Chloanthit (37) Arsen (40) Franklinit (41) (schwarz) mit Willemit (239) und Calcit (168) (weiß)	Aragueta/Peru Freiberg/DDR Niederschlema, Erzgebirge/DDR New Jersey/USA
140	Gold (43) in Quarz (284) Millerit (44) Chalkopyrit (45) auf Dolomit (186) Pyrrhotin (48) Pyrit (49) Markasit (50)	Queensland/Australien Müsen/BRD Eupels-Niederhövels/BRD Kosovska-Mitrovica/Jugoslawien Nicolletta/Italien Clausthal/BRD
141	Proustite (51) Kupfer (52)	Niederschlema/DDR Bisbee, Arizona/USA
142	Uraninit (59) (schwarz) mit Gummit (96) (rot) Psilomelan (60)	Schlema/DDR Schneeberg/DDR

Seite	Name (internationale Bezeichnung)	Vorkommen
143	Covellin (56) mit Malachit (112) Pyrolusit (57) Bornit (54) (bleigrau) mit Chalkopyrit (45) und Calcit (168) Nickelin (55) (tombak) mit Chloanthit (37) Cassiterit (65) mit Quarz (284) Cassiterit (65), Var. Holzzinn	Bor/Jugoslawien Elgersburg/DDR Puquios bei Copiapo/Chile Schneeberg/DDR Krupka/ČSSR Actara/Bolivien
144	Magnetit (62) Descloizit (66), Var. Mottramit Sphalerit (67) mit Calcit (168) und Ankerit (182) (rosa) Sphalerit (67), Var. Honigblende auf Quarz (284)	Schweden Olifantsfontain/Namibia Trepča-Mine/Jugoslawien Kremnica/ČSSR
145	Limonit (69) Azurit (115) mit Limonit (69) Linarit (117) (blau) mit Malachit (112) Manganit (70) mit Baryt (174) Goethit (72), Var. Samtblende, auf Galenit (24) Goethit (72)	Siegen/BRD Chessy/Frankreich Tsumeb/Namibia Ilfeld/DDR Přibram/ČSSR Friedrichroda/DDR
146	Wolframit (71) mit Quarz (284) Chromit (75) in Serpentin Hausmannit (76) Hornblende (77) in Kalifeldspat Rutil (82) in Quarz (284) Realgar (83) auf Arsen (40)	Minas de Panasqueira/Portugal Raduža/Jugoslawien Elgersburg/DDR Ödegarden/Norwegen Minas Gerais/Brasilien Alberoda/DDR
147	Erythrin (84) Krokoit (86) Cinnabarit (85) mit Quarz (284)	Schneeberg/DDR Tasmanien/Australien Almaden/Spanien
148	Cuprit (88), Var. Chalkotrichit auf Limonit (69) Hämatit (89) Hämatit (89), Var. Roter Glaskopf	Maidanpeck/Jugoslawien Elba/Italien Sorge/DDR
149	Auripigment (90) mit Realgar (83) Autunit (91) auf Limonit (69) Annabergit (104), Var. Cabrerit auf Calcit (168) Torbernit (105)	Luchumi/UdSSR Margnac/Frankreich Laurion/Griechenland Zinnwald/DDR
150	Uranocircit (106) Garnierit (108) Atakamit (110)	Bergen, Vogtland/DDR Obercallenberg /DDR Atakama/Chile
151	Brochantit (111) (grün) mit Limonit (69) Malachit (112) auf Quarz und Limonit (69) Dioplas (113)	Atakama/Chile Wolfach/BRD Guchab/Namibia

Seite	Name (internationale Bezeichnung)	Vorkommen
152	Limonit (69) Wurtzit (68)	Bilina/ČSSR Olkusz/Polen
153	Talk (119) Pyrophyllit (122) Gips (129)	Šabry Ural/UdSSR Maripaia County/USA Eisleben/DDR
154	Carnallit (125) (rot) mit Halit (135) Vivianit (131) mit Limonit (69) Sylvin (136) (weiß und rot) mit Halit (135) (blau) Muskovit (139) Halit (135) Halit (135) (blau)	Merkers, Rhön/DDR Ronneburg/DDR Solikamsk/UdSSR Finnland Merkers, Rhön/DDR Menzengraben/DDR
155	Schwefel (134) mit Strontianit (189)	Agrigento, Sizilien/Italien
156	Bauxit (148) Zinnwaldit (151) Chrysotilasbest (152) in Serpentin Biotit (161) in Gneis Anglesit (162) mit Galenit (24) Kryolith (163) (weiß) mit Galenit (24) und Chalkopyrit (45)	Tokeli/UdSSR Zinnwald/DDR Baženovo/UdSSR Freiberg/DDR Monte Ponì, Sardinien/Italien Ivigut/Grönland
157	Calcit (168) Calcit (168) Calcit (168)	Derbyshire/England Freiberg/DDR Schneeberg/DDR
158	Wulfenit (171) Vanadinit (172) Baryt (174), Var. Calcio-Baryt, auf Fluorit (197) Baryt (174) Cerussit (175) Coelestin (176) (weiß)	Mežica/Jugoslawien Mibladen/Marokko Halsbrücke/DDR Frizington/England Broken Hill/Australien Agrigento, Sizilien/Italien
159	Witherit (177) mit Calcit (168) Polyhalit (178) (hellviolett) mit Magnesit (201) (weiß) in Halit (135) Kieserit (181) (weiß) mit Sylvin (136) (rot) und Halit (135) (grau) Anhydrit (184) (blau) mit Siderit (200) Wavellit (185) Dolomit (186)	Schlema/DDR Merkers, Rhön/DDR Merkers, Rhön/DDR Bleiberg, Kärnten/Österreich Ronneberg/DDR Gosenbach/BRD
160	Aragonit (187) Aragonit (187) Pyromorphit (188) Strontianit (189) (weiß) und Chalkopyrit (45) auf Baryt (174) Heulandit (191) Mimetesit (194)	Erzberg, Steiermark/Österreich Frankreich Bad Ems/BRD Könitz/DDR Gunnedan/Australien Johanngeorgenstadt/DDR

Seite	Name (internationale Bezeichnung)	Vorkommen
161	Rhodochrosit (195) Disthen (198) in Paragonit Fluorit (197) Fluorit (197) Siderit (200) Langbeinit (199) (hell) in Hartsalz	Capillitas/Argentinien Tessin/Schweiz Halsbrücke/DDR Annaberg/DDR Niederschlema/DDR Roßleben/DDR
162	Colemanit (103) Hemimorphit (206) (gelb) Chabasit (207) Scheelit (211) auf Quarz	Panderma Distrikt/Türkei Oronogo, Missouri/USA Repčice/ČSSR Krkonosé/Polen
163	Apatit (213) Apatit (213) Apophyllit (212) (weiß) mit Natrolith (218) Smithsonit (215)	Ehrenfriedersdorf/DDR Untersulzbachtal/Österreich Usti n. L./ČSSR Laurion, Attika/Griechenland
164	Natrolith (218) Leucit (223) Diopsid (224), Var. Chromdiopsid (grün) mit Quarz (284) Diopsid (224) (grün) mit Hessonit (281) (braun) Titanit (226) (gelb) auf Chlorit (140) Türkis (229) in zersetztem Andesit	Zalezly/ČSSR Rocca Monfina, Campania/Italien Outokumpu/Finnland Piemont/Italien Gletsch/Schweiz Los Cerillos, New Mexico/USA
165	Analcim (236) Hauyn (240) in Basalt Nephelin (242) (grau) mit Aegirin und Eudialyt (221) (rot) Aktinolith (243)	Seisser Alpe/Italien Niedermendig-Eifel/BRD Kola-Halbinsel/UdSSR Zillertal, Tirol/Österreich
166	Rhodonit (248) Orthoklas (250) mit Quarz (284) als Schriftgranit Opal (255), Var. Feueropal Opal (255), Var. Edelopal, mit Limonit	Tamworth/Australien Baveno, Piemont/Italien Mexiko Bulla Creek, Queensland/ Australien
167	Albit (256), Var. Periklin (weiß) mit Titanit (226) (oliv) Labradonit (260) Prehnit (263) Vesuvian (266)	Pfitsch, Tirol/Österreich Madagaskar Kinzigtal, Baden/BRD Cheb/ČSSR
168	Benitoit (267) (blau) mit Natrolith (218) Epidot (270) Axinit (271) Olivin (272) in Basalt Grossular (281), Var. Hessonit mit Diopsid (224) und Chlorit (140) Andradit (282), Var. Aplom mit Calcit (168) (weiß)	San Benito/USA Untersulzbachtal/Österreich Dauphiné/Frankreich Smrči b. Železny Brod/ČSSR Piemont/Italien Pitkäranta/UdSSR

Seite	Name (internationale Bezeichnung)	Vorkommen
169	Quarz (284), Var. Chalcedon Quarz (284), Var. Amethyst Quarz (284), Var. Sardonyx Quarz (284), Var. Bergkristall	Callenberg/DDR Brasilien Rio Grande do Sul/Brasilien Carrara/Italien
170	Quarz (284), Var. Trümmerachat Quarz (284), Var. Falkenauge Quarz (284), Var. Bergkristall	Schlottwitz/DDR Griqualand/Südafrika Dauphiné/Frankreich
171	Quarz (284), Var. Korallenachat Quarz (284), Var. Achat Quarz (284), Var. Achat Quarz (284), Var. Achat	Halsbach/DDR Nerčinsk, Ural/UdSSR Uruguay Uruguay
172	Andalusit (286) in Kalifeldspat Andalusit (286), Var. Chiastolith Staurolith (287) (braun) mit Disthen (198) (blau) in Paragonitschiefer Zirkon (292) Turmalin (289) (grünlich) mit Siderit (200) (braun), Albit (256) (weiß) und Rauchquarz (284) Turmalin (289), Var. Schörl (schwarz)	Dolní Bory/ČSSR Lancaster Co./USA St. Gotthard/Schweiz Miask, Ural/UdSSR Grotta Docci, Elba/Italien Sosa/DDR
173	Beryll (293) Korund (299), Var. Rubin (rot) in Zoisit (252) Topas (296), Var. Pyknit mit Glimmer und Quarz Topas (296) (gelb) mit Quarz (284) (weiß)	Nerčinsk, Ural/UdSSR Longido/Tansania Altenberg/DDR Schneckenstein, Vogtland/DDR
174	Diamant, Rubin Saphir, Spinell Smaragd, Aquamarin Beryll, Topas	
175	Chrysoberyll, Turmalin (Rubellit) Turmalin, Zirkon Rauchquarz, Citrin Peridot (Chrysolith), Pyrop	
176	Tigerauge Lasurit (Lapislazuli) Edelopal Amazonit Nephrit Malachit	Namaqualand/Südafrika Baikal-Gebiet/UdSSR Bulla Creek/Australien Kola-Halbinsel/UdSSR Ulan Chandinkoje, Sibirien/UdSSR Nižne Tagil, Ural/UdSSR

LITERATURHINWEISE

(* bedeutet: verständlich für breite Leserkreise)

Mineralogie und Kristallkunde

- BETECHTIN, A. G., Lehrbuch der speziellen Mineralogie, 5. Auflage, 681 Seiten
Leipzig 1972
- BORCHARDT-OTT, W., Kristallographie. Eine Einführung für Naturwissenschaftler,
188 Seiten, 140 Abbildungen, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York
1976
- CORRENS, C. W., Einführung in die Mineralogie, 2. Auflage, 458 Seiten, Berlin-
Heidelberg-New York 1968
- * FERSMAN, A. E., Verständliche Mineralogie, 288 Seiten, Berlin 1949
- FISCHER, E., Einführung in die geometrische Kristallographie, 162 Seiten, Berlin
1956
- HAUSSÜHL, S., Kristallgeometrie, 157 Seiten, 77 Abbildungen, 13 Tabellen, Verlag
Chemie, Weinheim-New York 1977
- * JUBELT, R., Mineralbestimmungsbuch, 2. überarbeitete Auflage, 258 Seiten, 121
Bilder, 10 Tabellen, 28 Farb- und 12 Schwarzweißfotografien sowie 2 Bei-
lagen, VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig 1976
- KLEBER, W., Kristallchemie, 128 Seiten, Leipzig 1963
- , Einführung in die Kristallographie, 14. Auflage, 392 Seiten, Berlin 1977
- * KOUŘIMSKÝ, J., Bunte Welt der Mineralien, 352 Seiten mit zahlreichen Abbildun-
gen, Artia Verlag, Prag 1977
- * LADURNER, J., und P. PURTSCHELLER, Das große Mineralienbuch, 200 Seiten,
Umschau Verlag, Frankfurt a. M. 1970
- * LIEBER, W., Der Mineraliensammler, 5. Auflage, 274 Seiten und 73 Abbildungen
sowie 40 Tafeln, Ott Verlag, Thun-München 1972
- LINCK, G., und H. JUNG, Grundriß der Mineralogie und Petrographie, 3. Auflage,
415 Seiten, Jena 1960
- * LÜSCHEN, H., Die Namen der Steine. Das Mineralbuch im Spiegel der Sprache,
384 Seiten, Thun und München 1968
- MACHATSCHKI, F., Spezielle Mineralogie auf geochemischer Grundlage, 378 Seiten,
Wien 1953
- MEYER, K., Physikalisch-chemische Kristallographie, 337 Seiten, Leipzig 1963
- NICKEL, E., Grundwissen in Mineralogie, Teil I, Grundkurs., Thun und München
1971
- O'DONOGHUE, M., Enzyklopädie der Minerale und Edelsteine, 304 Seiten, 450 Farb-
bilder und 100 einfarbige Abbildungen, Verlag Herder, Freiburg-Basel-Wien
1977
- * PAPE, H., Leitfaden zur Bestimmung von Erzen und mineralischen Rohstoffen,
200 Seiten, 17 Abbildungen, Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart 1977
- * PARKER, R. L., und H. U. BAMBAUER, Mineralienkunde, 5. Auflage, 368 Seiten,
24 Tafeln mit Abbildungen, Ott-Verlag, Thun (Schweiz) 1975
- * PHILIPSBORN, H. V., Tafeln zum Bestimmen der Minerale nach äußeren Kenn-
zeichen, 244 Seiten, Stuttgart 1953
- RAAZ, F., und H. TERTSCH, Einführung in die geometrische und physikalische Kri-
stallographie, 3. Auflage, 215 Seiten, Wien 1958
- RAMDOHR, P., und H. STRUNZ, Klockmanns Lehrbuch der Mineralogie, 16. Auflage,
876 Seiten, 631 Abbildungen, zahlreiche Tabellen, F. Enke Verlag, Stuttgart
1978
- * SCHÜLLER, A., Die Eigenschaften der Minerale, Band I, 5. Auflage, 200 Seiten,
Berlin 1960

- * SCHUMANN, W., Steine und Mineralien, 227 Seiten, etwa 300 Abbildungen, 4., neu bearbeitete Auflage, BLV Verlagsgesellschaft, München-Bern-Wien 1975
- STALDER, H. A., F. DEQUERVAIN, E. NIGGLI und S. GRAESER, Die Mineralfunde der Schweiz, 432 Seiten, Wepf & Co, Basel 1973
- STRÜBEL, G., Mineralogie, Grundlagen und Methoden, 472 Seiten, 262 Abbildungen und 19 Tabellen, Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart 1977
- STRUNZ, H., Mineralogische Tabellen, 5. Auflage, 621 Seiten, Leipzig 1970
- * VOLLSTÄDT, H., Einheimische Minerale, 5., überarbeitete Auflage, mit 138 Abbildungen, 63 farbigen Mineralabbildungen und 9 Tabellen, VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig 1978
- WINKLER, H. G. F., Struktur und Eigenschaften der Kristalle, 2. Auflage, 528 Seiten, Berlin-Göttingen-Heidelberg 1955
- ZEMANN, J., Kristallchemie, Sammlung Göschel, Band 1220/1220a, 144 Seiten, Berlin 1966

Gesteinskunde und Geochemie

- BARTH, T. F. W., CORRENS, C. W., und P. ESKOLA, Die Entstehung der Gesteine, Nachdruck, 422 Seiten, Göttingen und Heidelberg 1960
- * FERSMAN, A. E., Unterhaltsame Geochemie, 367 Seiten, Berlin 1953
- FISCHER, W., Gesteins- und Lagerstättenbildung im Wandel der wissenschaftlichen Anschauung, 592 Seiten, Stuttgart 1961
- LEITMEIER, H., Einführung in die Gesteinskunde, 275 Seiten, Wien 1950
- * NICKEL, E., Grundwissen der Mineralogie, Teil 3: Aufbaukurs Petrographie, 269 Seiten, 84 Abbildungen und 8 Kunstdrucktafeln, Ott-Verlag, Thun 1975
- NIGGLI, P., Gesteine und Mineralagerstätten, Band I, 540 Seiten, Band II, 554 Seiten, Basel 1948-1955
- RÖSLER, H. J., und H. LANGE, Geochemische Tabellen, 328 Seiten, Leipzig 1965
- * SÄRCHINGE, H., Geologie und Gesteinskunde, 5. Auflage, 353 Seiten, Berlin 1958
- SAUKOW, A. A., Geochemie, 312 Seiten, Berlin 1953
- * SCHUMANN, H., Einführung in die Gesteinswelt, 3. Auflage, 192 Seiten, Dresden und Leipzig 1961
- WEDEPOHL, K. H., Geochemie, Sammlung Göschel, Band 1224/1224a/1224b, 220 Seiten, Berlin 1967
- WINKLER, H. G. F., Die Genese der metamorphen Gesteine, 2. Auflage, 237 Seiten, Berlin-Heidelberg-New York 1967

Lagerstättenkunde

- BAUMANN, L., I. L. NIKOLSKIJ, M. WOLF: Einführung in die Geologie und Erkundung von Lagerstätten, 503 Seiten, Leipzig 1979
- BRAITSCH, O., Entstehung und Stoffbestand der Salzlagerstätten, 232 Seiten, Berlin-Göttingen-Heidelberg 1962
- CISSARZ, A., Einführung in die allgemeine und systematische Lagerstättenlehre, 2. Auflage, 228 Seiten, Stuttgart 1965
- HILLER, J. E., Die mineralischen Rohstoffe, 359 Seiten, Stuttgart 1962
- HUTTENLOCHER, H., und P. RAMDOHR, Mineral- und Erzlagerstättenkunde. Sammlung Göschel, Band 1014/1014a, 137 Seiten, Berlin 1965
- * KÜHNEL, W., Nutzbare Mineralien, Eigenschaften, Vorkommen, Gewinnung und Verwendung, 232 Seiten, 5 Abbildungen, 19 Tabellen, W. Goldmann Verlag, München 1972
- * PETRASCHECK, W. E., Mineralische Bodenschätze. Wie sie entstehen und wie man sie findet, 128 Seiten, Frankfurt (Main) 1970
- SCHNEIDERHÖHN, H., Erzlagerstätten, 4. Auflage, 371 Seiten, Jena 1962
- SMIRNOW, V. I., Geologie der Lagerstätten mineralischer Rohstoffe, 563 Seiten, Leipzig 1970

Geologie

- * Brockhaus Taschenbuch der Geologie. Die Entwicklungsgeschichte der Erde, Band 1 und 2, 888 Seiten und 48 Tafeln, Leipzig 1970
- * BÜLOW, K. v., Geologie für jedermann. Eine erste Einführung in geologisches Denken, Arbeiten und Wissen, 4. Auflage, 247 Seiten, Stuttgart 1954 (Leipzig 1956)
- HOHL, R. (Herausgeber), Unsere Erde, Eine moderne Geologie, 328 Seiten, zahlreiche Abbildungen und einige Tabellen, Urania-Verlag, Leipzig-Jena-Berlin 1974

Edelsteine

- ANDERSON, B. W., Praktische Edelstein-Prüfung, 262 Seiten, Stuttgart 1955
- CHUDоба, K. F., und E. J. GÜBELIN, Edelsteinkundliches Handbuch, Bonn 1966
- CHUDоба, K. F., und R. J. GÜBELIN, Echt oder synthetisch?, Stuttgart 1956
- FISCHER, W., Praktische Edelsteinkunde, 2. Auflage, 187 Seiten, Kettwig (Ruhr) 1954
- SCHLOSSMACHER, K., Leitfaden für die exakte Edelsteinbestimmung, 174 Seiten, Stuttgart 1950
- SCHLOSSMACHER, K., Edelsteine und Perlen, 3. Auflage, 343 Seiten, Stuttgart 1962
- SCHUMANN, W., Bestimmungsbuch Edelsteine und Schmucksteine, BLV Verlagsgesellschaft mbH, München 1976
- STUTZER, O., und W. F. EPPLER, Die Lagerstätten der Edelsteine und Schmucksteine, 576 Seiten, Berlin 1935
- VOLLSTÄDT, H., und R. BAUMGÄRTEL, Einheimische Edelsteine, 230 Seiten, 69 Abbildungen, 24 Farbtafeln, Verlag Theodor Steinkopff, Dresden 1975

MINERALVERZEICHNIS

Die ausführliche Mineralbeschreibung findet sich unter der **stark** gedruckten Seitenzahl. Abbildungen der beschriebenen Minerale sind auf den *kursiv* gedruckten Seiten vorhanden.

- Achat 316, 362
 Adamin 270
 Ägirin 307
 Akanthit 341
 Äkermanit 295
 Akmit 307
 Aktinolith 165, 176, 300
 Albit 172, 306
 Alexandrit 324, 355
 Allanit 221
 Allophanit 265
 Allophan 113
 Almandin 315, 356
 Almandingranat 129
 Alumogel 328
 Alunit 275, 328
 Amazonit 176, 363
 Amblygonit 103, 336
 Amethyst 316, 359
 Amethystquarz 361
 Analcim 165, 297
 Anatas 302
 Andalusit 125, 172, 317, 349
 Andesin 306
 Andradit 168, 315
 Anglesit 98, 156, 258
 Anhydrit 80, 120, 159, 270, 348
 Ankerit 144, 269
 Annabergit 81, 149, 233
 Anorthit 306
 Anthophyllit 298
 Antigorit 261
 Antimon 183, 328
 Antimonblüte 255
 Antimonglanz 191
 Antimonit 138, 191, 328
 Apatit 81, 163, 287, 339
 Apophyllit 163, 285
 Aquamarin 355
 Aragonit 22, 80, 98, 272
 Argentit 114, 192, 341
 Arsen 139, 199, 328
 Arsenkies 186, 329
 Arsenopyrit 75, 137, 186, 329
 Ascharit 80, 268
 Asbest 23, 300, 347
 Astrakanit 263
 Atakamit 79, 150, 235
 Augit 51, 99, 292
 Aurichalcit 243
 Auripigment 98, 149, 227
 Aurosmirid 338
 Autunit 149, 227, 344
 Aventurinquarz 361
 Axinit 168, 311
 Azurit 145, 238
 Baddeleyit 346
 Baryt 80, 108, 158, 265, 329, 347
 Bastnäsit 280, 345
 Bauxit 114, 156, 252
 Benitoit 82, 168, 309
 Bergkristall 15, 316, 358
 Beryll 28, 103, 173, 174, 321, 329, 355
 Biotit 129, 156, 258, 348
 Bischofit 246, 336
 Bismuthinit 181, 344
 Bismutit 261
 Bittersalz 251
 Blätterserpentin 261
 Blättertellur 190
 Blau eisenerz 81, 245
 Bleiglanz 78, 192, 330
 Bleihornerz 259
 Blödit 263
 Blutjaspis 362
 Böhmit 328
 Boracit 80, 320
 Borax 120, 250, 330, 349
 Bornit 78, 143, 207, 335
 Boronatrocalcit 241
 Borsäure 241
 Boulangerit 193, 330
 Bournonit 138, 194, 330
 Brannerit 281
 Brasilianit 358
 Braunbleierz 273
 Brauneisenerz 215
 Brauner Glaskopf 215
 Braunit 213, 336
 Braunspat 269
 Brochantit 80, 151, 236
 Bronzit 296
 Brookit 220
 Brucit 99, 256
 Buntkupferkies 78, 207
 Bytownit 306
 Calaverit 201
 Calcit 26, 80, 106, 157, 261, 334, 347
 Cancrinit 288
 Carnallit 79, 120, 154, 242, 330, 334, 336, 349
 Carneol 316
 Carnotit 81, 231, 344
 Cassiterit 79, 103, 104, 112, 143, 213, 346
 Cerit 345
 Cerussit 158, 266
 Chabasit 162, 283
 Chalkanthit 256
 Chalkopyrit 78, 98, 140, 143, 202, 335
 Chalkosin 138, 194, 335
 Chalcodon 316, 361
 Chalmersit 203
 Chamosit 235, 331
 Chilesalpeter 245, 349
 Chloanthit 139, 143, 198, 337
 Chlorargyrit 245
 Chloritoid 305
 Chlorit 113, 129, 168, 249
 Chloromelanit 364
 Chondrodit 308
 Chromeisenerz 79, 218
 Chromit 79, 99, 112, 146, 218, 330
 Chrysoberyll 103, 175, 324, 355
 Chrysokoll 138, 255

- Chrysolith 357
 Chrysopras 316, 361
 Chrysotil 156, 254
 Cinnabarit 98, 112, 147, 224, 339
 Citrin 316, 359
 Cobaltin 186, 334
 Coelestin 80, 123, 158, 267, 342
 Coesit 32
 Colemanit 120, 162, 282, 330
 Columbit 221
 Cooperit 339
 Copiapit 228
 Cordierit 126, 129, 318
 Coulsonit 344
 Covellin 114, 143, 209
 Cristobalit 314
 Cubanit 203
 Cuprit 148, 225

 Danburit 320
 Datolith 289
 Demantoid 356
 Descloizit 114, 144, 214, 344
 Desmin 22, 274
 Diamant 14, 112, 174, 325, 347, 354
 Diaspor 328
 Diopsid 82, 164, 292
 Dioptas 151, 237
 Disthen 126, 161, 172, 278, 349
 Dolomit 80, 121, 159, 271, 336, 347
 Dumortierit 103
 Dunkles Rotgültigerz 207
 Dyskrasit 183

 Edelopal 176, 362
 Eisen 197, 331
 Eisenglanz 79, 226
 Eisennickelkies 203
 Eisenpecherz 290
 Eisenspat 80, 279
 Eläolith 299
 Enargit 195, 335
 Enstatit 296
 Epidot 129, 168, 311
 Epsomit 98, 120, 251
 Erythrin 147, 223
 Eudialyt 165, 291
 Euklas 103
 Eulytin 296

 Fahlerz 341
 Falkenauge 361

 Faserserpentin 254
 Federerz 193
 Feldspat 347, 363
 Fergusonit 103, 344
 Feueropal 362
 Fluorit 28, 51, 79, 103, 108, 123, 161, 278, 331, 348
 Flußspat 79, 278, 348
 Formanit 342
 Franklinit 139, 200, 346

 Gadolinit 103, 314, 329, 332, 344
 Gahnit 322
 Galenit 18, 31, 78, 98, 106, 112, 138, 192, 330
 Garnierit 114, 150, 234, 338
 Gehlenit 295
 Gelbbleierz 80, 263
 Gelbeisenerz 229
 Gelbnickelkies 202
 Germanit 332
 Gersdorffit 184, 338
 Gibbsit 79, 328
 Gips 98, 120, 153, 244, 348
 Glauberit 120, 260
 Glaubersalz 120, 242
 Glaukonit 121, 234
 Glaukophan 308
 Glimmer 348
 Goethit 79, 145, 217
 Gold 140, 201, 332
 Grammatit 22, 129, 302
 Granat 112, 126, 129, 314, 348, 356
 Graphit 137, 189, 348
 Greenockit 225
 Grossular 168, 315
 Grünbleierz 276
 Gummit 142, 229

 Haarkies 202
 Hämatit 22, 79, 98, 108, 148, 226, 331
 Halit 30, 79, 120, 154, 247, 330, 337, 349
 Halloysit 113
 Hartmanganerz 213
 Hausmannit 146, 219, 336
 Häüyn 165, 299
 Hedenbergit 237
 Heliotrop 317, 362
 Hemimorphit 45, 162, 282, 346
 Hessonit 356
 Heterogenit 334

 Heulandit 160, 274
 Hiddenit 358
 Honigstein 251
 Hornblende 146, 219
 Hornsilber 245
 Hornstein 317
 Humboldtinit 228
 Hyazinth 356
 Hydrargillit 79
 Hydrozinkit 252
 Hypersthen 232

 Idokras 308
 Illit 113
 Ilmenit 99, 103, 112, 211, 344
 Ilvait 212
 Indigolith 355

 Jade 363
 Jadeit 313, 363
 Jamesonit 138, 193
 Jarosit 229
 Jaspis 317, 361
 Jordanit 195

 Kainit 80, 120, 263, 330
 Kakoxen 230
 Kalifeldspat 82
 Kalisalpeter 80, 120, 248
 Kalkspat 80, 261, 334, 347
 Kalkuranglimmer 227
 Kallait 295
 Kaolinit 23, 113, 240
 Karneol 362
 Karpholith 299
 Kastor 310
 Katzenauge 355
 Kerargyrit 245
 Kernit 120, 257, 330
 Kieselzinkerz 282, 346
 Kieserit 80, 120, 269
 Kliachit 328
 Kobaltblüte 223
 Kobaltglanz 186
 Kobaltkies 184
 Koppit 218
 Kornerupin 317
 Korund 79, 112, 173, 324, 348, 354
 Krennerit 332
 Krokoit 80, 147, 224
 Kryolith 79, 103, 156, 259
 Kunzit 358
 Kupfer 141, 206, 335
 Kupferglanz 194, 335
 Kupferindig 209

- Kupferkies 78, 202, 335
 Kupferlasur 238
 Kupferuranglimmer 233
 Kyanit 278
 Labradorit 167, 306, 363
 Langbeinit 161, 279
 Lapislazuli 238, 360
 Lasurit 176, 238
 Laurit 340
 Lazulith 81
 Lepidokrokot 231
 Lepidolith 103, 253, 336
 Leucit 164, 292
 Liches Rotgültigerz 206
 Lievrit 212
 Limonit 22, 114, 145, 149, 152, 215, 331
 Linarit 145, 239
 Linneit 184
 Lithiumglimmer 253, 348
 Löllingit 185, 329
 Loparit 220
 Maghemit 331
 Magnesiospinell 323
 Magnesit 280, 336, 348
 Magneteisenerz 211
 Magnetit 79, 112, 144, 211, 331
 Magnetkies 203
 Malachit 151, 176, 236
 Manganit 145, 216, 336
 Manganspat 277
 Margarit 277
 Markasit 22, 140, 205
 Maucherit 198
 Meerschäum 250
 Melakonit 209
 Melilith 295
 Mellit 82, 251
 Mikroklin 166, 172, 303
 Mikrolith 342
 Millerit 140, 202
 Mimetesit 160, 276
 Mirabilit 242
 Molybdänglanz 78, 189, 337
 Molybdänit 78, 103, 104, 137, 189, 337
 Molybdiit 337
 Monazit 81, 103, 112, 290, 335, 343, 345
 Mondstein 362
 Montmorillonit 113
 Moosachat 362
 Morion 316
 Mottramit 114
 Muskovit 23, 82, 129, 154, 248, 348
 Nadeleisenerz 79, 217
 Nagyagit 190, 332, 343
 Natrit 120, 242
 Natrolith 23, 163, 164, 289
 Natronglimmer 256
 Natronsalpeter 80, 120, 245
 Nephelin 165, 299, 328
 Nephrit 300, 363
 Nickelblüte 81, 233
 Nickelit 143, 208, 337
 Niobit 103, 221, 338
 Nitrokalit 80, 248
 Nitronatrit 80, 245
 Nosean 297
 Oligoklas 306
 Olivenit 229
 Olivin 77, 82, 99, 168, 312, 357
 Opal 98, 166, 176, 305, 362
 Orthit 221
 Orthoklas 51, 99, 166, 172, 303
 Osmiridium 338
 Ottrelith 305
 Oxalit 228
 Palladium 338
 Palygorskit 251
 Pandemit 120, 269
 Paragonit 256
 Patronit 344
 Pechblende 210, 344
 Pektolith 287
 Pentlandit 203, 337
 Peridot 357
 Periklas 301
 Perlglimmer 277
 Perowskit 301
 Petalit 103, 310
 Phenakit 103, 322, 329
 Phlogopit 252
 Phosgenit 259
 Phosphorit 339
 Pimelit 114
 Plasma 317
 Plagioklas 77, 99, 306
 Platin 112, 197, 339
 Pollucit 103, 345
 Polybasit 199
 Polyhalit 120, 159, 268
 Powellit 230
 Prasem 361
 Prehnit 167, 307
 Priceit 269
 Prismatin 317
 Prousttit 141, 206, 341
 Psilomelan 142, 210
 Pyrrargyrit 78, 207, 341
 Pyrit 78, 98, 140, 204, 331, 341
 Pyrochlor 218, 338
 Pyrolusit 143, 209, 336
 Pyromorphit 160, 273
 Pyrop 314, 356
 Pyrophyllit 125, 153, 241, 349
 Pyrrhotin 140, 203
 Quarz 32, 79, 99, 108, 146, 169, 170, 171, 316, 342, 348
 Quarzkatzenauge 361
 Quecksilber 181, 339
 Rädelerz 194
 Rammelsbergit 186
 Rasorit 257
 Rauchquarz 316, 359
 Realgar 98, 146, 149, 223
 Renierit 332
 Rhodochrosit 161, 277, 336
 Rhodonit 166, 303
 Rosenquarz 316
 Rotbleierz 80, 224
 Roteisenstein 226
 Rotgültigerz 78
 Rotnickelkies 208, 337
 Rotkupfererz 225
 Rotzinkerz 231, 346
 Rubellit 355
 Rubin 112, 354
 Rubinglimmer 231
 Rutil 103, 112, 146, 222, 344, 348
 Safflorit 183, 334
 Salmiak 243
 Samarskit 103, 218
 Sanidin 166, 172, 303
 Saphir 112, 354
 Saphirquarz 361
 Sarder 362
 Sassolin 98, 241, 330
 Schalenblende 215
 Scheelit 80, 103, 162, 285, 345
 Schriftez 190
 Schuchardtit 114
 Schwefel 98, 123, 155, 246, 341, 349
 Schwefelkies 78, 204, 341
 Schwerspat 80, 265, 329, 347

- Senarmontit 328
 Sepiolith 250
 Serizit 129
 Siderit 80, 108, 138, 161, 279, 331
 Silber 18, 137, 182, 341
 Silberglanz 192
 Sillimanit 126, 129, 310, 349
 Skapolith 294
 Skorodit 276
 Skutterudit 187, 334
 Smaltin 187, 334
 Smaragd 355
 Smithsonit 163, 288, 346
 Soda 98, 242, 349
 Sodalith 294
 Speiskobalt 187, 334
 Specularit 226
 Sperryolith 188, 339
 Spessartin 315
 Sphalerit 78, 98, 106, 144, 214, 346
 Sphen 293
 Spinell 112, 174, 323, 357
 Spodumen 103, 312, 336, 358
 Stannin 196
 Staßfurtit 320
 Staurolith 126, 172, 318
 Steinsalz 79, 247, 337, 349
 Stephanit 199
 Stibiopalladinit 338
 Stibnit 191
 Stishovit 32
 Strahlstein 300
 Strohstein 299
 Strontianit 123, 155, 160, 273, 342
 Sylvanit 190, 332, 343
 Sylvin 79, 120, 154, 159, 247, 330, 334, 349
 Sysstertsit 333
 Tachyhydrit 248
 Talk 153, 240, 349
 Tansanit 358
 Tantalit 103, 342
 Tellur 343
 Tellurbismutit 343
 Tellurwismut 190
 Tennantit 196
 Tenorit 98, 209
 Tetradymit 190
 Tetraedrit 139, 196
 Thenardit 120, 254
 Thomsonit 291
 Thorit 103
 Thortveitit 82, 103, 342
 Thuringit 249, 331
 Tigerauge 176, 361
 Tinkal 250
 Titaneisen 211
 Titanomagnetit 99
 Titanit 164, 167, 293
 Topas 23, 103, 104, 112, 173, 174, 323, 357
 Torbernit 149, 233, 344
 Tremolit 302
 Tridymit 98, 313
 Triphylin 103, 283
 Triplit 290
 Trona 120
 Tscharoit 360
 Türkis 164, 295, 360
 Turmalin 103, 104, 112, 172, 319, 355
 Ulexit 80, 120, 241, 330
 Ullmanit 185
 Uraninit 103, 142, 210, 344
 Uranophan 228
 Uranotil 228
 Uranocircit 150, 234
 Uranpecherz 210
 Uwarowit 315
 Valentinit 255, 328
 Vanadinbleierz 264
 Vanadinit 158, 264
 Variszit 284
 Vesuvian 167, 308
 Vivianit 81, 154, 245
 Wavellit 159, 271
 Weichmanganerz 209
 Weißbleierz 266
 Weißnickelkies 198
 Whewellit 82, 257
 Willemit 139, 298
 Wismut 137, 181, 344
 Wismutblende 296
 Wismutglanz 181
 Wismutocker 261
 Witherit 108, 159, 267, 329, 347
 Wolframit 80, 103, 104, 146, 216, 345
 Wollastonit 125, 129, 284, 349
 Wulfenit 75, 80, 158, 263, 337
 Wurtzit 152, 215, 345
 Xenotim 103, 281, 345
 Ytterspat 281
 Yttrfluorit 103
 Zinkblende 78, 214, 346
 Zinkblüte 252
 Zinkit 231, 346
 Zinkspat 288, 346
 Zinkspinell 322
 Zinnkies 196
 Zinnober 224
 Zinnstein 79, 213, 346
 Zinnwaldit 103, 156, 253
 Zirkon 103, 112, 172, 321, 346, 356
 Zoisit 304

SACHWORTVERZEICHNIS

- Abfolge 97
 - magmatische 97
 - metamorphe 123
 - sedimentäre 109
- Absatzgesteine 93
- Achsenabschnitte 35
- Achsenabschnittsverhältnis 36
- Achsenkreuze 38, 42
- Aggregatformen 22, 23
- allochromatisch 53
- Aluminium 328
- amorph 15
- Analyse, chemische 83
- Anatexis 128
- Anion 30, 69
- Anisotropie 27
- Anthrazit 117, 122
- Arkose 111
- Arsenate 81
- Asphalt 117, 123
- Atom(e) 29
 - gewicht 66, 67
 - kern 28, 29
 - radius 29
- Aufschluß 131

- Barrentheorie 116, 118
- Barium 329
- Basalt 97, 101
- Bauxit 114, 117
- Bergkristall 15
- Bernstein 122
- Beryllium 329
- Bestimmungsschema 178
 - schlüssel 180
- Blei 329
- BOHRsches Atommodell 67
- Bor 330
- Borate 79, 80
- Bormineralie 347
- Bort 325
- Braunkohle 117, 122, 335
- Brechungsquotient 56
- Brom 330
- Bruch 59
 - flächen 60

- Carbonados 325
- Chemische Analyse 83

- Chemische Elemente 66
 - 67, 326
 - Entdeckung 327
 - Vorkommen 328
- Chemische Formel 75
- Chemisches Symbol 66, 67
- Chlor 330
- Chloride 79
- Chrom 330
- Chromate 80

- Diagenese 127
- dichroitisch 53
- Dichte 61
 - bestimmung 61
 - flüssigkeiten 62
- dimorph 31
- Diorit 100
- Doppelbrechung 56
- Drehspiegelachse 41, 44
- Drehungsachse 41, 44
 - polare 45
- Druck-Temperaturfelder 128
- Drusen 15
- Durchsichtigkeit 55

- Edelsteine 13, 350
- Edelsteinseifen 112
- Einsprenglinge 101
- Eiserner Hut 114
- Elektronen 28, 29
 - hülle 29
 - schalen 67, 68
- Elementarzelle 30, 31
- Element(e), chemische 66, 67
 - Durchschnittsgehalt in der Erdkruste 12, 73
 - Nachweis 87 bis 92
- Epizone 129
- Erdkern 12
- Erdkruste 9
 - chemische Zusammensetzung 72
- Erdöl 117, 335
- Erstarrungsgesteine 93
- Erze 11
- Erzgänge 106
- Erzseifen 112

- Exhalationen 98
- exhalativ-sedimentär 98

- Farbe (der Minerale) 53, 54
- Feuerstein 117, 122, 317
- Flächenbezeichnung 34, 37, 38, 47
- Flächenform 34
- Flächenlagen 37
- Flächenwinkel 34
- Flint 122
- Fluoreszenz 63
 - farben 64, 65
- Fluor 331
- Flüssigkeitseinschlüsse 48
- Formarten 31
- Fruchtschiefer 125
- Frühkristallisation 99

- Gabbro 100, 101
- Gadolinium 331
- Gallium 332
- Gangart 106
- Ganggesteine 94
- gediegene Elemente 78
- Geochemie 12
- geothermische Tiefenstufe 127
- Germanium 332
- Gesamtform 38
- Geschiebemergel 111
- Gestein(e) 10, 93
 - abyssische 94
 - effusive 94
 - hypabyssische 94
 - kontaktmetamorphe 94
 - Kreislauf der G. 95
 - regionalmetamorphe 94
- Gesteinsdünnschliff 10
- Gesteinsschmelzen 97
- Geysir 122
- Gips 117
- Gitterbaustein 28
- Glanz (der Minerale) 55
- Glaskopf 52
- Glassand 111
- Glimmerschiefer 126
- Gneis 126
- Granit 9, 15, 97
- Granofels 125

- Grauwacke 111
 Greisen 104
 Grundform 36, 37

 Habitus 48
 Hafnium 333
 Halitit 117
 Halogenide 78, 79
 Härte 58
 -skala 58
 Hauptdoppelbrechung 56
 Hauptkristallisation 99
 Hauptspiegelebene 45
 Hexagonales System 39
 Homogenität 27
 Hornfels 125
 Hornstein 117
 hydrostatische Waage 61
 hydrothermal 105
 Hydroxide 79
 hypabyssisch 94

 Idealgestalt 34
 idiochromatisch 53
 Imitation 350
 Indium 333
 Industriemineral 13, 347
 Interferenzfarben 54
 Ionen 29, 69
 -radius 30
 Iridium 333
 Isomorphie 34
 Isotope 66
 Isotypie 31

 Jod 333

 Kadmium 333
 Kalium 334
 Kalisalze 117, 349
 Kalksteine 117, 121
 Kalzium 334
 Kaolin 117
 Karat 351
 Karbonate 79, 80
 Karbonatgesteine 117, 121
 Katazone 129
 Kation 30, 69
 Kieselgesteine 117, 121
 Kieselgur 117, 122, 348
 Kieselstiefen 117, 122
 Kieselstiefen 122
 Knotenschiefer 125
 Knotenglimmerschiefer 125
 Kobalt 334
 Kohlensteine 117, 122, 335
 Kohlenstoff 334

 Kombination 35
 Kombinationsstreifung 49
 Konglomerat 112
 Konkretion 52
 Kontaktgesteine 125, 130
 Kontakthof 124
 kontaktmetamorph 125
 Kontaktmetamorphose 125
 Koordinationszahl 28
 Kristall(e) 15
 Feinbau 16
 Flächenbezeichnung 37
 -form 40
 -gestalt 32
 -gitter 25, 28
 -klassen 46, 47
 -symmetrie 40
 -systeme 38, 39
 -verwachsungen 49
 kristallin 15
 Kristalline Schiefer 126
 kubisches System 39
 Kupferschiefer 123
 kryptokristallin 52

 Lanthan 335
 Lava 97
 Lichtbrechung 56
 Lichtdurchlässigkeit 56
 Lithium 335
 liquidmagmatische Entmischung 99
 Lötrohranalyse 83
 Arbeitsmittel 84
 Arbeitstechnik 84
 Elementnachweis 87 bis 92
 Lumineszenz 63

 Magma 97
 basaltisch 97
 granitisch 97
 Magmatische Abfolge 97
 Magmatische Gesteine 93, 94, 101
 Magnesium 336
 Mandelsteine 97
 Mangan 336
 Marmor 124
 Meerwasser 116
 Mergel 121
 Mesozone 129
 Metalle 78
 Metamorphe Gesteine 93, 94, 130
 Metamorphose 123
 Metasomatose 127
 metastabil 32

 Migmatite 94
 MILLERSche Indizes 37
 Mineralbestimmung 177
 Hilfsmittel 179
 Schema 178
 Schlüssel 180
 Mineralbildung 98
 exhalativ-sedimentäre 98
 hydrothermale 105
 magmatische 98, 110
 metamorphe 125
 pegmatitisch-pneumatolytische 102, 103
 sedimentäre 113
 Mineral(e) 9
 Anzahl 10
 -aggregate 51
 Bildungsweise 93
 chemische Einteilung 78
 chemische Zusammensetzung 74
 Farbe 53, 54
 -faziesprinzip 129
 Gestalt 15
 künstliche 13
 -lagerstätte 10, 93
 -namen 11
 -rohstoffe 326
 -sammlung 131
 Struktur 15
 Synthese 13
 Verwendung 326
 Mischkristalle 76
 Modifikationen 60
 Mohorovičić-Diskontinuität 9
 MOHRsche Waage 62, 63
 MOHSSche Härteskala 58
 Molybdän 337
 Molybdate 80
 Monoklines System 39

 Natrium 337
 Neodym 337
 Neutronen 29
 Nichtmetalle 78
 Nickel 337
 Niob 338
 Nitrate 79, 80

 Oberflächengesteine 94
 Ooide 52
 oolithisch 52
 Ordnungszahl 66
 Organische Verbindungen 82
 orientierte Verwachsungen 49

- Orthogesteine 127
 Orthogneis 127
 Osmium 338
 Oxidationszone 114
 Oxide 79
 Oxihalogenide 79
 Oxysphäre 72

 Palladium 338
 Paragesteine 127
 Paragneis 127
 Parameterkoeffizienten 37
 Parameterverhältnis 36
 Pegmatite 102
 Peridotit 101
 perimagmatisch 107
 Periodensystem 69, 70
 Phosphate 80, 81
 Phosphor 339
 Phyllit 126
 pleochroitisch 53
 pneumatolytisch 103
 polare Achse 45
 Polierschiefer 117, 122
 Porphyrisches Gefüge 97
 Porphyroblasten 126
 polymorph 31
 Praseodym 339
 Protonen 29
 Pseudomorphose 19, 50

 Quarzporphyr 101
 Quecksilber 339

 Radium 340
 Rationalitätsgesetz 36
 Raumgitter 16
 -struktur 27
 Raumlagen (von Flächen)
 38
 regionalmetamorph 126
 Regionalmetamorphe
 Gesteine 130
 Restschmelze 102
 Rhenium 340
 Rhodium 340
 Rhombisches System 39
 Ritzhärte 58
 Rohstoffe, mineralische
 13, 326
 Rubidium 340
 Ruthenium 340

 Salband 160
 Salzabscheidung 120
 Salzgesteine 116
 Samarium 341
 Sammlung 131
 Edelstein- 134
 Kristall- 134
 Lokal- 134
 Regional- 134
 Rohstoff- 135
 systematische 134
 Sandstein 111
 Schichtung 111
 Schliffornen 352, 353
 Schmelzbarkeit 65
 Schmucksteine 13
 Schwebemethode 62
 Sedimentäre Abfolge
 109
 Sedimente 109
 chemisch-biogene 109,
 113, 116
 chemische 109, 113, 115
 klastische 109
 mechanische 109, 111
 Sedimentgesteine 93, 94,
 109, 112
 Selen 341
 Seifenminerale 111
 Sekretion 52
 Silikate 81
 Silikatschicht 12
 Silikatstrukturen 81, 82
 Silizium 342
 Skandium 342
 Skarn 105
 Spaltbarkeit 59
 Spaltbarkeitsskala 59, 60
 Spate 59
 Spiegelebene 41
 Spurenelemente 76
 Stalaktite 52
 Steinkohle 117, 122, 335
 Stinkschiefer 123
 Strichfarbe 54
 Strichtafel 54
 Strontium 342
 Strukturuntersuchung 25
 Strukturtypus 31
 Sulfate 80
 Sulfide 78
 Sulfosalze 78
 Symmetrie 27
 -eigenschaften 40
 -elemente 41
 -klassen 46
 Synthese 13, 350

 Tantal 342
 telemagmatisch 107
 Tellur 343
 Tenazität 65
 Tetragonales System 39
 Thallium 343
 Thorium 343
 Tiefengesteine 94
 Tiefenzonen 128
 Titan 343
 Tonminerale 113
 Tonschiefer 126
 Torf 117, 122, 335
 Travertin 117, 121
 Trigonaes System 39
 Triklines System 40
 Tripel 122

 Umkristallisation 164
 Umwandlungsgesteine 93
 Uran 344

 Vanadium 344
 Vanadate 81
 Versenkungsmetamor-
 phose 127
 Verwitterung 109
 Verzerrungen 45
 Verzwillingung 50
 Viellinge 50

 Wachstumsstörungen 49
 Winkelkonstanz 33
 Wirkungsradius 29
 Wismut 344
 Wolfram 345
 Wolframate 80

 Yttrium 345

 Zäsium 345
 Zementationszone 114
 Zer 345
 Zink 346
 Zinn 346
 Zirkonium 346
 Zwillingsstreifung 50
 Zwillingsverwachsungen
 50
 Zwischenschale 12