

Sammlung Götschen

Mineralogie

Von

Prof. Dr. R. Brauns

Mit 132 Abbildungen



Sammlung Göschen

Mineralogie

Von

Dr. R. Brauns

Professor an der Universität Bonn
Geheimem Bergrat

Mit 132 Abbildungen

Fünfte, verbesserte Auflage

Neudruck



Maximilian Buchholz

Berlin und Leipzig

Vereinigung wissenschaftlicher Verleger
Walter de Gruyter & Co.

vormals G. J. Göschen'sche Verlagshandlung · F. Guttentag, Verlags-
buchhandlung · Georg Reimer · Karl J. Trübner · Veit & Comp.

1919

Alle Rechte, insbesondere das Übersetzungsrecht,
von der Verlags-handlung vorbehalten.



141 166



Druck
der Spamer'schen
Buchdruckerei in Leipzig

① 319174

Inhalt.

Einleitung.

Mineralien. — Aufgabe der Mineralogie. — Geschichtliches 7

Allgemeiner Teil.

I. Die Form der Mineralien.

Kristall. — Wachsen der Kristalle. — Beschaffenheit der Kristallflächen. — Einfache Kristallform. — Vereinigung. — Winkel. — Anwachsopyramiden. — Schichtenbau. — Goniometer. — Bedeutung der Winkel. — Symmetrie. — Achsen. — Kristallsysteme. — Achsenkreuze. — Lage der Kristallflächen gegen die Achsen, Weißsche Bezeichnungsweise. — Gesetz der einfachen Ableitungszahlen. — Miller'sche Bezeichnungsweise. — Benennung der Formen. — Zone. Bedeutung der Zonen. — Zonengesetze. — Hemiedrie, Tetartoedrie und Hemimorphie 9
Reguläres System 28
Hexagonales System 35
Quadratisches System 42
Rhombisches System 45
Monoklines System 47
Triklines System 49
Zwillinge. — Ausbildung der Kristalle. — Figuren. — Vorkommen der Kristalle. — Einschlüsse. — Aggregate. — Amorphe Mineralien 50

II. Die physikalischen Eigenschaften der Mineralien.

Härte. — Spaltbarkeit. — Feinbau der Kristalle. — Bruch. — Glanz. — Durchsichtigkeit. — Farben. — Strichfarbe. — Dichroismus. — Fluoreszenz. — Spezifisches Gewicht 57

III. Die chemischen Eigenschaften der Mineralien.

Chemische Formel. — Bestimmung der Bestandteile. — Das Lötrohr. — Untersuchung auf Kohle. — Untersuchung in der Boraxperle. — Flammenfärbung. — Verhalten gegen Salzsäure. — Dimorphie. — Isomorphie. — Entstehung der Mineralien. — Verwitterung. — Pseudomorphosen 65

Spezieller Teil.

I. Klasse. Elemente.

A. Reguläre, geschmeidige Metalle: Gold. — Silber. — Kupfer. — Platin. — Quecksilber. — Eisen 74
B. Rhomboedrische, spröde Metalle: Arsen. — Antimon. — Wismit 79
C. Metalloide: Schwefel. — Diamant. — Graphit 80

- II. Klasse. Schwefel- (Arsen-, Antimon-) Verbindungen oder Sulfide und Sulfosalze:**
 Auripigment und Realgar. — Antimonglanz. — Bleiglanz. — Silberglanz. — Zinkblende. — Kupfernickel. — Zinnober. — Kupferglanz. — Magnetkies. — Mothbängglanz. — Schwefelkies. — Kobaltglanz. — Speiskobalt. — Markasit. — Arsenkies. — Kupferkies. — Buntkupfererz. — Rotgültigerz. — Fahlerz. — Anhang: Schrifte- und Blättererz. — Spröbgläserz. — Miarghrit. — Bourmonit. — Enargit 83
- III. Klasse. Einfache Sauerstoffverbindungen oder Oxide:**
 Wasser und Eis. — Rottkupfererz. — Korund. — Eisenglanz mit Titan Eisen. — Magnet Eisen mit Spinell. — Chrom Eisenstein. — Uranpecherz. — Quarz. — Eridymit. — Opal. — Chalzedon. — Binnstein. — Zirkon. — Rutil mit Anatas und Brookit. — Pseudomalachit. — Brauneisenstein mit Anhang: Goethit. — Manganit. — Beauzit. — Saffolin. — Psilomelan 94
- IV. Klasse. Haloidsalze:**
 Steinsalz und die Abraumsalze. — Chlor Silber. — Flußspat. — Artholith. — Atacamit 106
- V. Klasse. Kohlen saure Salze oder Carbonate:**
 Kalkspatgruppe: Kalkspat. — Magnesit. — Dolomit. — Eisenspat. — Zinkspat. — Manganspat 111
 Aragonitgruppe: Aragonit mit Weißbleierz, Witherit und Strontianit 115
 Malachit und Kupferlasur 116
- VI. Klasse. Salpetersaure Salze oder Nitrate:**
 Natronsalpeter und Kalisalpeter 117
- VII. Klasse. Bor saure Salze oder Borate:**
 Borazit. — Borax 117
- VIII. Klasse. Schwefel saure Salze oder Sulfate:**
 Schwefelspat mit Bolestin und Bleivitriol. — Anhydrit. — Gips 118
- IX. Klasse. Wolfram saure Salze:**
 Wolframit. — Scheelit 121
- X. Klasse. Phosphor saure Salze oder Phosphate:**
 Apatit mit Braunbleierz und Mimetesit. — Türkis 121
- XI. Klasse. Kieselsaure Salze oder Silikate:**
 Feldspatgruppe: Orthoklas. — Plagioklas. — Leuzit. — Nephelin 123
 Sobalithgruppe: Sobalith. — Nojean. — Hauyn. — Lasurstein 126
 Beolithgruppe: Analzim. — Natrolith. — Chabasit. — Harmotom und Phillippsit mit Desmin und Blätterzeolith. — Apophyllit 127

Kaolin und Ton	129
Augit- oder Pyroxengruppe: Augit mit Diopsid und Diallag. — Wollastonit. — Enstatit, Bronzit und Hypersthen. — Rhodonit	129
Hornblende oder Amphibolgruppe: Hornblende mit Tremolit, Strahl- stein, Nephrit (Jadeit) und Asbest	131
Olivin	132
Glimmergruppe: Kaliglimmer. — Magnesiaglimmer. — Lithion- glimmer	133
Chloritgruppe mit Pennin und Chlorit	134
Talk-Serpentingruppe: Talk. — Meerschäum. — Serpentin. — Garnierit.	134
Granatgruppe: Granat	135
Beryll	137
Kieselzinkerz	137
Topasgruppe: Topas. — Andalusit mit Zhanit und Staurolith	138
Turmalin	139
Anhang: Cordierit. — Prehnit. — Pistazit. — Vesuvian. — Arinit. — Datolith	140

XII. Klasse. Harze:

Bernstein	141
---------------------	-----

Register	143
--------------------	-----

Literatur.

1. Ausführliche Lehrbücher.

- Max Bauer, Lehrbuch der Mineralogie.
F. Klotzmann, Lehrbuch der Mineralogie.
C. F. Naumann, Elemente der Mineralogie, 15. Auflage,
herausgegeben von F. Zirkel.
G. Eschermak, Lehrbuch der Mineralogie, 7. Auflage, heraus-
gegeben von F. Becke.
-

R. Brauns, Das Mineralreich, mit 73 kolorierten Tafeln.

2. Modelle.

- H. Kopp, 6 Tafeln mit Netzen zu Kristallmodellen.

3. Hilfsbücher zur Bestimmung der Mineralien.

- A. Weissbach, Tabellen zur Bestimmung der Mineralien nach
äußeren Kennzeichen.
C. W. C. Fuchs, Anleitung zum Bestimmen der Mineralien,
6. Auflage, herausgegeben von R. Brauns.
-

Einleitung.

Mineralien. Tiere und Pflanzen besitzen Organe, welche sie zu mannigfachen Lebensäußerungen befähigen; die Mineralien haben keine Organe, es sind die unorganischen, leblosen Erzeugnisse der Natur, die unabhängig vom Lebensprozeß organischer Wesen durch chemische Vorgänge in den geheimnisvollen Werkstätten der Natur entstanden sind und auch heute noch, wenn auch kaum bemerkbar, entstehen. Ein reines Mineral ist an allen Punkten seines Körpers gleich beschaffen und nach seiner Zusammensetzung ein Element oder eine chemische Verbindung, im Gegensatz zu einem Gestein, das ungleichartig ist und aus mehreren Mineralien — so Granit aus Feldspat, Quarz und Glimmer — besteht. Das Wort hat den gleichen Stamm wie Mine (mina = Schacht) und weist darauf hin, daß die Mineralien durch Graben gewonnen werden. Die Wissenschaft von den Mineralien wird Mineralogie genannt.

Aufgabe der Mineralogie ist die Ermittlung aller Eigenschaften der Mineralien; es gilt, die Gesetze, welche in ihnen herrschen, zu ergründen; die Stoffe, aus denen sie bestehen, zu bestimmen; ihr Vorkommen in der Natur zu ermitteln, ihr Entstehen und Vergehen zu verfolgen. Erst wenn man diese Eigenschaften kennt, kann man die Mineralien vollständig beschreiben und sie nach ihrer Verwandtschaft ordnen. Der Beschreibung der Mineralien geht daher zweckmäßig eine Darlegung ihrer allgemeinen Eigenschaften voraus; eine solche kann sich in sehr verschiedenen Grenzen halten; in Rücksicht auf den Kreis, für den dies Werkchen bestimmt ist, werden hier vorzugsweise die Eigenschaften berücksichtigt, die von einem jeden mit bloßem Auge wahrgenommen oder durch einfache Hilfsmittel bestimmt werden können.

Geschichtliches. Schon lange, ehe von einer Wissenschaft der Mineralogie die Rede war, wurden einzelne Mineralien wegen ihrer auffallenden Eigenschaften gesammelt und benutzt. Der harte Feuerstein, der leicht in scharfkantige Stücke zer schlagen werden kann und weit verbreitet ist, lieferte dem Urmenschen die ersten Werkzeuge und Waffen; später kam der seltener zähe Nephrit und manches

andere Mineral und Gestein hinzu, das durch seine Eigenschaften als zum Werkzeug brauchbar befunden wurde (Steinzeit). Erst viel später, nachdem der Mensch das Feuer in seinen Dienst gezwungen hatte, lernte er Kupfer aus seinen Erzen ausschmelzen, danach das Zinn; durch Zusammenschmelzen beider Metalle schuf er die Bronze, das Material für halbare Waffen, Werkzeuge und Geräte (Bronzezeit). Der gesteigerte Bedarf an diesen Erzen führte zu Bergbau und weit ausgedehntem Handel. Dazu gesellte sich das zu Schmuck und Bieraten begehrte Gold, das so, wie es sich fand, benutzt werden konnte; Silber und Silbererze, Antimon-, Zink- und Bleierze wurden bekannt, vor allem aber gewannen die Eisenerze immer größere Bedeutung, und uralt ist die Kunst, Eisen daraus zu erzeugen (Eisenzeit). Stark färbende Mineralien wurden schon von dem prähistorischen Menschen zum Zeichnen und Malen benutzt. Die Klarheit, prächtige Farbe und Härte vieler Mineralien haben schon in früherer Zeit bei den Menschen Gefallen gefunden, und die Mineralien, welche jene Eigenschaften in besonders hohem Grade in sich vereinigen und die wir heute noch als Edelsteine hochschätzen, wurden in frühesten Zeiten wie etwas Überirdisches verehrt, und ihr Besitz galt höher als der von Gold und Silber; sollten sie doch die Eigenschaft besitzen, den Menschen vor schlimmer Krankheit zu bewahren und gegen böse Geister zu schützen. Auch heute noch knüpft sich mancher Aberglaube an die farbenprächtigen, unvergänglichen Edelsteine. Zur Zeit des Plinius († 79 n. Chr. bei dem Untergang von Pompeji) waren die Eigenschaften vieler Mineralien schon recht gut bekannt; er erwähnt die Kristallform von Quarz und Berthl., die Spaltbarkeit von Gips und Steinsalz, die hohe Härte von Diamant. Bekannt war der Silbergehalt des Goldes, zur Probe diente der Indische Stein; Quecksilber diente zur Gewinnung des Goldes aus alten Gewändern, Kobalterze wurden zur Herstellung von blauem Glase benutzt. Bekannt war die Elektrizität des Bernsteins, bekannt, daß das Eigengewicht der Mineralien verschieden ist, daß Glas sich warm, Edelsteine dagegen sich kalt anfühlen. Die Summe dessen, was man über die Mineralien wußte, war nicht klein, größer noch die der Eigenschaften, die man ihnen andichtete; kaum ein Mineral, das nicht als Arznei oder Zaubermittel gedient hätte. Auf diesem Staud blieben die Kenntnisse von den Mineralien während des ganzen Altertums durch das Mittelalter bis etwa um die Mitte des 18. Jahrhunderts. Man lernte wohl noch dies und jenes für den Bergbau wichtige Material kennen, auch die eine oder andere auffallende Eigenschaft wurde entdeckt (die Doppelbrechung im

Kalkspat 1670), aber eine genaue, das Wesentliche treffende Beschreibung konnte man nicht geben, weil man die Gesetze, welche in den Mineralien herrschen, nicht kannte. Eine wissenschaftliche, die Ermittlung dieser Gesetze anstrebende Mineralogie beginnt erst Ende des 18. Jahrhunderts mit dem Auftreten von Hauy (1743 bis 1822) in Paris und Werner (1750—1817) in Freiberg. Hauy lehrte uns die Kristallformen entziffern, Werner die Mineralien beschreiben und ordnen. Die seitdem gewonnene Erfahrung ist in Lehrbüchern der Mineralogie niedergelegt, von denen wir einige der besten vorher (S. 6) genannt haben.

In den Lehrbüchern sind die Mineralien ebenso wie in diesem Bändchen nach ihrer chemischen Zusammensetzung systematisch geordnet, ihre Eigenschaften werden in bestimmter Reihenfolge kurz aufgeführt, und die Kristallformen werden durch schematisierte Zeichnungen erläutert. In einem von dem Verfasser dieses Bändchens herausgegebenen großen Tafelwerk „Das Mineralreich“ sind alle wichtigen Mineralien in ihrer natürlichen Form und Farbe abgebildet, so daß man sie hier im Bilde so vor sich hat wie sonst in einer Schauammlung unter Glas.

I. Die Form der Mineralien.

Kristall. Scharf ausgebildete, von ebenen, glänzenden Flächen umschlossene Formen lernte man schon im Altertum an Mineralien kennen, die aus dem eisstarrenden Alpengebirge gebracht wurden; sie waren klar wie Eis und doch härter und dauerhafter als Glas, es konnte — so glaubte man — nur Eis sein, das durch lang dauernde, starke Kälte so hart geworden war, daß es nun nicht mehr schmelzen kann, und mit dem Namen für Eis, krystallos, belegte man diese Gebilde. Diese Bezeichnung wurde beibehalten, auch nachdem man wußte, daß der Kristall aus den Bergen, der Bergkristall, nicht aus dem Eis der Berge entstehen kann, und wurde später der allgemeine Ausdruck für die natürliche, von ebenen Flächen umschlossene Form der Mineralien, die man also

ihre Kristallform nennt; sie ist für jeden Beschauer einer Mineraliensammlung die am meisten in die Augen fallende und wunderbarste Eigenschaft der Mineralien.

Ein Kristall ist die natürliche Form eines Minerals; eine künstliche, von Menschen gearbeitete Form ist niemals ein Kristall. Ein Stück Glas, dem man durch Schleifen die Form eines Kristalls, etwa eines Oktaeders, gegeben hat, ist daher kein Kristall, denn seine Form ist keine natürliche, es hat sie nicht von selbst angenommen. Ein Oktaeder von Alaun dagegen ist ein Kristall, denn diese Form ist eine natürliche; sie bildet sich immer von selbst, wenn Alaun aus seiner Lösung in Wasser sich ausscheidet¹⁾. Die Substanz des Glases vermag keine Kristalle zu bilden, die des Alauns vermag dieses sehr wohl. Da wir zum Zerbrechen eines Kristalls eine gewisse Kraft nötig haben, nehmen wir an, daß auch bei seiner Entstehung eine solche wirksam war, und sagen daher: Ein Kristall ist ein von ebenen Flächen regelmäßig begrenzter Körper, der seine Form seiner eigenen Substanz oder den ihr innewohnenden Kräften verdankt. Welcher Art diese Kräfte sind, wissen wir nicht; jedenfalls wirken sie richtend auf die kleinsten Theilchen, welche den Kristall aufbauen, und beruhen vielleicht in elektrischen Eigenschaften dieser selbst. Die Eigenschaft, Kristallform anzunehmen, ist nicht auf die Mineralien beschränkt, sondern kommt allen Elementen und chemischen Verbindungen zu, die aus einer Lösung oder Dampf in den festen Zustand übergehen, es ist eine allgemeine Eigenschaft der anorganischen Welt, wie es eine solche der organischen Welt ist, ihren Kör-

¹⁾ Um sich davon zu überzeugen, übergieße man 12 (oder 6) Gramm gepulverten Kalialaun, den man in jeder Apotheke bekommt, mit 100 (oder 50) Gramm Wasser, erwärme, bis sich alles gelöst hat, und lasse ruhig über Nacht stehen. Am anderen Morgen findet man in der Lösung die schönsten, meist etwas verzerrten Kristalle, die bei längerem Stehen sich noch vergrößern und auch zahlreicher werden. Es sind reguläre Oktaeder, oft noch mit Würfel, der die Ecken, und mit Rhombendodekaeder, das die Kanten abstumpft.

per aus Zellen aufzubauen. Die Lehre von den Kristallformen heißt Kristallographie¹⁾.

Das **Wachsen** eines Kristalls können wir verfolgen, seine Entstehung nicht; an einer Stelle in einer Lösung, an der zuvor auch bei stärkster Vergrößerung nichts zu sehen war, befindet sich plötzlich ein Kristall, und dieser vergrößert sich, er wächst, indem er den Stoff seiner nächsten Umgebung entnimmt, die für seine Substanz immer übersättigt sein muß, und ihn parallel zu den vorhandenen Flächen anlagert. Durch die Abgabe von Substanz an den wachsenden Kristall wird die Lösung rings um diesen verdünnter (Kristallisationshof) und leichter; sie steigt darum in die Höhe, und schwerere Lösung dringt nach. So wird ein auf dem Boden einer Schale wachsender Kristall von der Lösung umströmt, und weil die Strömung und die Stoffzufuhr an dem Rande stärker ist als auf der Oberseite, wächst er nach den Seiten schneller und wird tafelig nach der Auflagerungsfläche (Maunkristalle). Sorgt man dafür, daß der wachsende Kristall allseitig gleichmäßig von der Lösung umströmt wird, so wächst er auch allseitig gleichmäßig (Zuckerkrystalle aus bewegter Lösung). Ein wachsender Kristall umgibt sich mit ebenen Flächen, welche sich in Kanten und Ecken schneiden. Es kommen hierdurch Richtungen zum Ausdruck, Kristalle sind Körper mit Richtungsunterschieden, eine Kugel als richtungsloser Körper ist keine Kristallform.

Die **Flächen**, welche die Kristalle begrenzen, haben verschiedenes Aussehen; sie sind oft eben und glänzend wie ein Spiegel, oft aber auch rauh, matt, gestreift, bisweilen auch gekrümmt oder mit regelmäßigen Vertiefungen oder Erhabenheiten versehen. Die Flächen eines Kristalls, welche gleiche Beschaffenheit haben, nennt man gleiche Flächen;

¹⁾ Die Lehren von den Kristallformen sind in einem besonderen Bändchen dieser Sammlung: „Kristallographie“ von W. Brühns zusammengefaßt.

in Abbildungen und Modellen gibt man ihnen in der Regel gleiche Größe, während an den Kristallen Umriß und Größe der „gleichen“ Flächen in der Regel verschieden ist (siehe oben), weil ihnen während des Wachstums der Stoff nicht gleichmäßig zugeführt wurde. Die Gleichheit beruht eben nicht auf der Größe, die ganz gleichgültig ist, sondern auf der physikalischen Beschaffenheit der Kristallflächen; man nennt daher gleiche Flächen eines Kristalls auch physikalisch gleiche oder gleichwertige, die von verschiedener Beschaffenheit auch physikalisch verschiedene oder ungleichwertige Flächen. Die physikalische Verschiedenheit äußert sich oft darin, daß ein Kristall sich nach gewissen Flächen leicht spalten läßt, nach anderen nicht, die physikalische Gleichheit darin, daß sich ein Kristall nach mehreren Richtungen mit gleicher Leichtigkeit spalten läßt. Beispiel: Steinsalz kann nach drei aufeinander senkrechten Richtungen mit gleicher Vollkommenheit gespalten werden, nach anderen Richtungen nicht. Ein von glänzenden quadratischen und rauhen dreiseitigen Flächen begrenzter Flußpat (Fig. 1) läßt sich nach diesen rauhen Flächen leicht spalten, nach den glänzenden nicht; seine Flächen sind physikalisch verschieden. Immer zeigen solche äußerliche Unterschiede auch solche der inneren, physikalischen Eigenschaften an.

Die Flächen sind an den Kristallen nach bestimmten Gesetzen angeordnet, deren Feststellung eine Aufgabe der Kristallographie ist.

Einfache Kristallform. Wenn alle an einem Kristall vorhandenen Flächen gleichwertig sind, so nennt man die Form eine einfache Kristallform. Eine einfache Kristallform ist der Würfel; seine zueinander senkrechten Flächen sind gleichwertig, jedes würfelige Spaltungsstück von Steinsalz ist eine einfache Kristallform. Beispiele für einfache Kristallformen: Würfel von Flußpat, Schwefelkies, Steinsalz; Oktaeder von

Magneteisen, Alaun, Flußspat; Rhombendodekaeder von Granat, Rhomboeder von Kalkspat.

Vereinigung. Eine Kristallform, die von ungleichwertigen Flächen begrenzt ist, nennt man eine Vereinigung; sie wird von Flächen begrenzt, die mehreren einfachen Kristallformen angehören. Fig. 1 stellt eine Vereinigung dar, die an Flußspat häufig ist; die quadratischen Flächen sind glänzend, die dreiseitigen matt; die quadratischen würden für sich eine einfache Kristallform, den Würfel, bilden, die dreiseitigen würden für sich eine andere einfache Kristallform, das Oktaeder, bilden; die ganze Form ist eine Vereinigung von Würfel mit Oktaeder. Andere Beispiele für Vereinigungen: Kalkspat, glänzende sechseckige Säule mit matter, weißer Endfläche; Bergkristall, gestreifte sechseckige Säule, glatte Pyramidenflächen.



Fig. 1. Vereinigung von Würfel und Oktaeder. Flußspat.

In einer Vereinigung sind in der Regel die Flächen einer einfachen Kristallform größer als die der anderen, sie heißt der Träger der Vereinigung. Bei der Beschreibung gibt man an, in welcher Weise die ursprüngliche Form des Trägers der Vereinigung durch die hinzugekommenen Flächen verändert ist. Man sagt, eine Ecke oder Kante sei abgestumpft, wenn sie durch eine Fläche ersetzt ist (Fig. 14 und 15), eine Ecke sei zugespitzt (Fig. 30), eine Kante sei zugespitzt (Fig. 19), wenn sie durch zwei oder mehr Flächen ersetzt ist.

Anwachsphymiden. Die Unterfläche eines Alaunkristalls, der auf dem Boden einer Kristallierschale liegend gewachsen ist, ist parallel zu den Randkanten gestreift; die Streifung ist dadurch zustande gekommen, daß der Stoff parallel zu den ersten Flächen abgelagert worden ist. Hieraus erkennen wir, daß ein Kristall in der Weise wächst, daß parallel

zu den zuerst vorhandenen Flächen sich Schicht für Schicht abgelagert. Ein Kristall wächst durch Anlagerung seines Stoffes, ein lebendes Wesen durch Stoffwechsel. Indem der Kristall sich vergrößert, baut sich über jeder seiner ursprünglichen Flächen eine Pyramide auf, die man Anwachspyramide nennt, die aber nicht immer sichtbar ist; in jenem Maunkristall werden die Anwachspyramiden durch den Verlauf der Streifen auf der Unterfläche angedeutet.

Schichtenbau. Ein vollkommen gleichmäßig und ungestört gewachsener Kristall ist im Innern gleichmäßig (Bergkristall). Traten aber während des Wachstums Störungen ein, Änderungen in der Zusammensetzung der Lösung, Trübungen u. dgl., so übertragen sich diese auf die Schichten, welche den Kristall aufbauen, indem diese trüber sind oder verschieden gefärbt erscheinen. Parallel zu den physikalisch gleichen Flächen sind auch die Störungen gleich, parallel zu verschiedenen Flächen können sie dem Grade nach verschieden sein; hierdurch treten die Anwachspyramiden oft deutlich hervor, freilich meist erst in Durchschnitten (Andalusit) oder Dünnschliffen.

Winkel. Zwei benachbarte Kristallflächen schneiden sich in einer Kante oder Ecke und schließen einen Winkel ein. Während die Größe der Kristalle ebenso wie die der Kristallflächen während des Wachstums sich ändert und daher von keiner wesentlichen Bedeutung ist, bleiben die Winkel unverändert, weil der Stoff sich immer in parallelen Schichten abgelagert. So ist die Größe der Winkel, unter denen die Kristallflächen zusammenstoßen, eine wesentliche Eigenschaft, und an allen Kristallen eines Minerals schneiden sich dieselben Flächen immer unter gleichen Winkeln. Dieses wichtige Gesetz hat Steno im Jahre 1669 entdeckt und aus Beobachtungen über das Wachsen der Kristalle abgeleitet. Zur

Messung der Winkel bedarf man eines besonderen Instruments, des Goniometers, das für den Mineralogen dieselbe Bedeutung hat wie für den Seefahrer der Kompaß, denn es ermöglicht ihm, durch das Meer der Kristallformen sein Ziel zu erreichen, die Geseze, nach denen die Kristallflächen angeordnet sind, zu ermitteln und die Kristallformen in einer ihrer Natur entsprechenden Weise zu ordnen.

Goniometer. Das einfachste Goniometer ist das Anlegegoniometer (Fig. 2), so genannt, weil es an die Kristalle angelegt wird. Es besteht aus einem in Grade getheilten Halbkreis, dessen Enden durch eine feste Schiene verbunden sind. In der Mitte dieser Schiene befindet sich ein fester Zapfen, um den sich ein Schenkel dreht; dieser Schenkel ist auf seiner oberen rechten Seite abgescrängt und nur halb

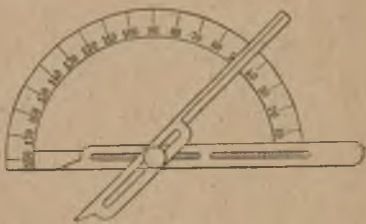


Fig. 2. Anlegegoniometer.

so breit als der untere Teil; seine rechte Kante würde verlängert genau durch den Mittelpunkt gehen. Soll nun ein Winkel gemessen werden, so legt man die feste Schiene links von dem Zapfen mit ihrer Unterseite auf die eine Fläche und ihr genau parallel, dreht mit dem Zeigefinger den beweglichen Schenkel, bis er der anderen Fläche genau parallel anliegt, und sieht zu, auf welcher Zahl die abgescrängte obere (rechte) Kante dieses Schenkels steht. Dies ist der Winkel, den beide Flächen bilden. So mißt man an einem Spaltungsstück von Steinsalz 90° , an einem Oktaeder von Magneteisen $109\frac{1}{2}^\circ$, an zwei Säulenflächen von Bergkristall 120° , an demselben Mineral von einer Pyramidenfläche zur

benachbarten $133\frac{3}{4}$, an einem Spaltungsstück von Kalkspat 105° . Zur genauen Messung dienen die Reflexionsgoniometer, Instrumente, welche die Winkel bis auf Sekunden genau zu ermitteln gestatten.

Bedeutung der Winkel. An einem Spaltungsstück von Kalkspat habe ich den Winkel, den zwei Flächen miteinander bilden, zu $105^\circ 5'$ gemessen. An einem zweiten und jedem weiteren Spaltungsstück desselben Minerals finde ich den gleichen Winkel, er ist für Kalkspat charakteristisch, immer schneiden sich zwei seiner Spaltflächen unter $105^\circ 5'$. An anderen Mineralien treffen wir diesen Winkel nicht; mit Kalkspat ist Dolomit zum Verwechseln ähnlich, er läßt sich ebenso wie dieser nach drei Richtungen spalten, aber zwei Spaltflächen schneiden sich unter $106\frac{1}{4}^\circ$, die Winkel beider Mineralien sind verschieden. So können die Winkel dazu dienen, Mineralien voneinander zu unterscheiden oder ein Mineral, das oft in verschiedener Gestalt uns entgegentritt, zu bestimmen. Aus gemessenen Winkeln kann das Achsenverhältnis eines Kristalls (S. 22) und die Indizes seiner Flächen (S. 23) berechnet werden. Die Winkelmessung bildet die Grundlage der rechnenden Kristallographie.

Wie die Flächen, so sind auch die Winkel eines Kristalls gleich oder verschieden, und die Gesetze, nach denen die Flächen am Kristall angeordnet sind, finden in der Zahl und Verteilung der gleichen Winkel einen Ausdruck; an einem Spaltungsstück von Steinsalz sind alle Winkel einander gleich (90°), an einem Spaltungsstück von Kalkspat tritt der Winkel von 105° im ganzen sechsmal auf, an einem Kristall von Kupfervitriol kehrt je ein Winkel nur einmal an der gegenüberliegenden Kante wieder, alle anderen sind von diesem und untereinander verschieden.

Symmetrie. Die Gesetze, nach denen die Flächen am Kristall angeordnet sind, äußern sich am klarsten in der Regel-

mäßigkeit, mit der die gleichen Flächen und gleichen Winkel an den Kristallen verteilt sind, oder mit anderen Worten in der Symmetrie der Kristallform. Oft kann man einen Kristall durch eine Ebene so in zwei Hälften geteilt denken, daß die eine Hälfte das Spiegelbild der anderen ist, d. h. daß den Flächen und Winkeln in der einen Hälfte des Kristalls gleiche Flächen und Winkel in der anderen Hälfte spiegelbildlich gegenüberliegen. Eine solche Ebene nennen wir Spiegelebene. So läßt sich durch den Kristall der Figur 3 durch die Ebenen E eine Spiegelebene legen; denke ich mir den Kristall in dieser Ebene durchschnitten (Fig. 4), so ist die eine Hälfte das Spiegelbild der anderen, die breiteschseckige Fläche vorne und hinten wird genau halbiert, und jeder Fläche in der linken Hälfte liegt eine ihr gleiche in der rechten Hälfte, und jedem Winkel in der linken Hälfte liegt ein ihm gleicher in der rechten Hälfte spiegelbildlich gegenüber. Nur durch diese Ebene kann ich den in Fig. 3 dargestellten Kristall in zwei spiegelbildlich gleiche Hälften teilen, durch keine andere, er besitzt daher nur eine Spiegelebene.



Fig. 3. Ein Kristall mit einer durch E E E E gehenden Spiegelebene. Augit.

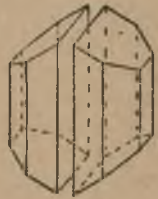


Fig. 4. Derselbe Kristall in der Richtung der Spiegelebene durchschnitten.

Die Kristallformen gleichen einander und unterscheiden sich durch die Zahl der Spiegelebenen, die durch sie hindurchgelegt werden können; durch manche Kristalle kann man überhaupt keine Spiegelebene legen (Fig. 73), durch andere nur eine (Fig. 3 und 72), durch wieder andere drei (Fig. 63

bis 70), fünf (Fig. 52—62), sieben (Fig. 37—46) oder neun (Fig. 7—22); Kristalle, durch die man mehr als neun Spiegelebenen legen könnte, gibt es nicht.

Die Spiegelebenen gehen häufig Kristallflächen parallel; sind diese einander gleichwertig, so sind es auch die Spiegelebenen. In einem Kristall wie dem in Fig. 5 dargestellten sind die den quadratischen Flächen parallelen Spiegelebenen einander gleichwertig; ebenso sind die den sechseckigen Flächen parallelen Spiegelebenen, welche durch die Diagonalen der quadratischen Flächen verlaufen, einander gleichwertig, aber von den ersteren verschieden; der Kristall besitzt 3 + 6 Spiegelebenen.



Fig. 5. Kristall mit 3 + 6 Spiegelebenen.

Eine Spiegelebene, welche zu anderen, unter sich gleichen senkrecht ist, wird Hauptspiegelebene genannt.

Eine andere Art von Regelmäßigkeit in der Verteilung der Flächen läßt sich daran erkennen, daß an einer Kante oder Ecke zwei oder mehr gleiche Flächen und Winkel liegen. Wenn ich daher den Kristall um eine durch diese Kante oder Ecke gelegte Achse drehe, so kommt er nach einer gewissen Umdrehung mit sich selbst zur Deckung, manche Kristalle bei einer vollen Umdrehung um 360° nur zweimal, andere drei-, vier- oder sechsmal. Eine solche Achse nennt man eine Deckachse, und sie ist zwei-, drei-, vier- oder sechszählig, je nachdem an jener Kante oder Ecke zwei (Fig. 65 und 66), drei (Fig. 48), vier (Fig. 52), sechs gleiche Flächen (Fig. 37, 38) auftreten.

Endlich sieht man an möglichst ringsum ausgebildeten Kristallen leicht, daß an den meisten zu jeder Fläche eine gleichwertige, parallele Gegenfläche auftritt, bei manchen aber auch nicht (Fig. 23). Von den ersteren sagt man, sie haben ein Symmetriezentrum, bei den anderen fehlt dies.

Es gibt nun Kristalle, die gar keins von diesen Symmetrieelementen besitzen, andere, die wenigstens ein Symmetriezentrum, andere, die eine Spiegelebene, eine Dachsaxe und ein Symmetriezentrum besitzen, und an der Spitze stehen solche mit neun Spiegelebenen, 13 Dachsachsen und einem Symmetriezentrum, dazwischen stehen Kristalle mit anderen Symmetriegraden. Im ganzen sind 32, durch ihre Symmetrie unterschiedene, selbständige Kristallklassen möglich; wir verzichten aber darauf, sie hier aufzuzählen, da wir uns nicht mit mehr Namen, als notwendig ist, belasten wollen¹⁾. Wir werden sie in sechs Gruppen, die sechs Kristallsysteme, ordnen.

Achsen. Um die Betrachtung und Bestimmung der Kristallformen zu erleichtern, denkt man sich Achsen hineingelegt, d. h. durch ihr Inneres gerade Linien gezogen, die sich in einem Punkte in der Mitte schneiden; sie bilden ein sogenanntes Achsenkreuz (s. z. B. Fig. 7, 37, 38, 40 und andere).

Man wählt die Achsen zweckmäßig so, daß sie Kristallkanten, soweit wie möglich Schnittkanten von Spiegelebenen, parallel gehen, weil man die Kanten sehen kann, und weil Gesetzmäßigkeiten in der Lage von Kristallflächen in der Richtung ihrer Kanten zutage treten. Ferner wählt man die Achsen so, daß die Flächen einer einfachen Kristallform in jedem Raumabschnitt die gleiche allgemeine Lage zu den Achsen haben. Die so gewählten Achsen sind je nach der Symmetrie der Kristalle entweder alle oder nur teilweise einander gleich oder alle ungleich; gleiche Achsen bezeichnet man mit gleichen Buchstaben (a), ungleiche mit verschiedenen Buchstaben (a, b, c); will man die kürzere von der längeren unterscheiden, so gibt man ihnen das Zeichen der Kürze \sim und Länge \cdot . Die Achsen schneiden sich ferner je nach den Kristallen unter

¹⁾ Alle 32 Klassen sind in der Kristallographie dieser Sammlung auf S. 31—33 aufgezählt.

rechten und unter schiefen Winkeln. Eine Achse, die auf einem Paar unter sich gleicher Achsen senkrecht steht, nennt man Hauptachse, solche, für die dieses nicht der Fall ist, Nebenachsen.

Kristallsysteme. Wenn man nach diesen Grundsätzen bei der Wahl der Achsen verfährt, kann man immer für eine bestimmte Zahl der 32 Kristallklassen ein Achsenkreuz wählen, durch das die gleiche Zahl von Spiegelebenen gelegt werden kann. Alle die Kristalle nun, welche auf ein gleich symmetrisches Achsenkreuz bezogen werden können, bilden einen engeren Verband, den man Kristallsystem nennt. Die Kristallklassen unterscheiden sich also durch ihren Symmetriegrad, die Kristallsysteme durch ihr Achsenkreuz, und ein Kristallsystem umfaßt alle Kristalle, durch deren Achsenkreuz die gleiche Zahl von Spiegelebenen gelegt werden kann.

Achsenkreuze. Für die verschiedenen Kristallsysteme, deren Namen hier folgen, kann man nach dem Gesagten die folgenden Achsenkreuze wählen:

Reguläres System, drei gleiche aufeinander senkrechte Hauptachsen. a, a, a (vgl. Fig. 7), mit $3 + 6$ SE.¹⁾

Hexagonales System, drei gleiche Nebenachsen, die sich in einer Ebene unter 60° schneiden, und senkrecht dazu eine vierte, von jenen verschiedene Hauptachse. a, a, a, c (vgl. Fig. 37), mit $3 + 3 + 1$ SE.

Quadratisches System, zwei gleiche aufeinander senkrechte Nebenachsen und senkrecht dazu eine dritte, von jenen verschiedene Hauptachse. a, a, c (vgl. Fig. 52), mit $2 + 2 + 1$ SE.

Rhombisches System, drei ungleiche aufeinander senkrechte Achsen. \bar{a}, b, c (vgl. Fig. 63) und drei ungleiche aufeinander senkrechte Spiegelebenen.

¹⁾ SE. abgefürzt für Spiegelebene.

Monoklines System, drei ungleiche Achsen; zwei (a, c) schneiden sich unter schiefem Winkel, die dritte (b) ist auf beiden senkrecht. Eine Spiegelebene.

Triklines System, drei ungleiche, unter schiefen Winkeln sich schneidende Achsen. Keine Spiegelebene.

Bei der Betrachtung stellt man die Kristalle zweckmäßig so, daß eine Achse (c) vertikal ist und eine andere (b) quer von links nach rechts geht; die Lage der dritten (a) ergibt sich dann von selbst. Man nennt sie dann auch Vertikalachse (c), Querachse (b) und Längsachse (a).

Lage der Kristallflächen gegen die Achsen. An einem Kristall liegen die Flächen so, daß sie entweder:

1. alle drei Achsen schneiden (Fig. 52) oder, genügend verlängert gedacht, schneiden können (Fig. 54), oder
2. nur zwei Achsen schneiden und einer parallel gehen (Fig. 55), oder
3. nur eine Achse schneiden und den beiden anderen parallel gehen (Fig. 56).

Man kann nun die Lage einer Fläche am Kristall dadurch angeben, daß man bestimmt, wie sie die angenommenen Achsen schneidet. Hierbei kommt es nicht auf die wirkliche Länge der auf den Halbachsen abgeschnittenen Stücke an (die sich ja am wachsenden Kristall fortwährend ändert, also unwesentlich ist), sondern nur auf das Verhältnis der Abschnitte, also darauf, ob eine Fläche die angenommenen Achsen in gleichem oder verschiedenem Verhältnis schneidet, ob sie einer oder zwei Achsen parallel geht. Das Verhältnis ihrer Abschnitte auf den Halbachsen nennt man ihr Parameterverhältnis.

Schneidet eine Fläche drei gleiche Achsen (a) in gleichem Verhältnis, so wird ihre Lage zu den Achsen durch das Parameterverhältnis $a : a : a$ ausgedrückt. Werden drei ungleiche Achsen in gleichem Verhältnis (d. h. in der angenommenen

Einheit) geschnitten, so wird dies durch $a : b : c$ ausgedrückt. Die Form eines Minerals, deren Flächen die Achsen in der Einheit schneiden, wird Grundform genannt, ihr Parameterverhältnis $a : b : c$ heißt das Achsenverhältnis des Minerals. Es wird aus gemessenen Winkeln nach Methoden der rechnenden Kristallographie berechnet. Als Grundform wird eine solche gewählt, die an dem betreffenden Mineral besonders häufig ist und durch gute Flächenbeschaffenheit genaue Winkelmessung gestattet. Aus weiteren Winkeln kann das Parameterverhältnis jeder einzelnen Form berechnet werden. Die allgemeinen Verhältnisse $a : mb : nc$ oder $ma : nb : c$ oder $ma : b : nc$ besagen, daß, im Vergleich zur Grundform, je zwei Achsen von einer andern Fläche in anderem Verhältnis geschnitten werden als von jener.

Geht eine Fläche einer Achse parallel, so sagt man, sie schneide sie im Unendlichen, und drückt dies durch das Zeichen ∞ aus; so heißt $a : a : \infty a =$ eine Fläche schneidet von drei gleichen Achsen zwei in gleichem Verhältnis und geht der dritten parallel. Ausdrücke wie $a : ma : \infty a$, $a : a : \infty c$, $a : b : \infty c$, $\infty a : b : c$, $a : \infty b : c$ sind hiernach ohne weiteres verständlich.

Geht eine Fläche zwei Achsen parallel, so bekommen diese beiden Achsen das Zeichen für unendlich ∞ , und die Lage einer solchen Fläche gegen gleiche oder ungleiche Achsen wird durch die Parameterverhältnisse: $a : \infty a : \infty a$, $a : \infty a : \infty a$, $a : \infty b : \infty c$, $\infty a : b : \infty c$, $\infty a : \infty b : c$ ausgedrückt.

Diese Art, die Lage der Flächen zu den Achsen durch ihr Parameterverhältnis anzugeben, ist von dem berühmten Kristallographen Chr. S. Weiß (Professor an der Universität Berlin) vor hundert Jahren eingeführt worden und heißt nach ihm die Weißsche Bezeichnungsweise; sie ist einfach und anschaulich.

Gesetz der einfachen Ableitungszahlen. Die in dem Parameterverhältnis auftretenden Ableitungszahlen m und n sind immer einfache ganze Zahlen oder Brüche, z. B. 2, 3, 4, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{2}{3}$ usw.; d. h. wenn man nach den auf S. 19 angegebenen Grundsätzen die Achsen gewählt hat, so lassen sich alle an einem Kristall auftretenden Flächen nach ihrer Lage zu den Achsen durch einfache rationale Zahlen auf die Grundform beziehen. In diesem wichtigen Gesetz, das auch das Gesetz der rationalen Achsenchnitte genannt wird, offenbart sich das innere Wesen der Kristalle, hierdurch unterscheiden sich ihre Formen von denen beliebig konstruierter geometrischer Körper. Ein analoges Gesetz ist das der einfachen Verbindungsgewichte der Chemie, welches besagt, daß die verschieden großen Massen eines Stoffes B, die sich mit einer und derselben Masse eines Stoffes A verbinden können, in einfachem rationalen Verhältnis stehen: z. B. MnO , MnO_2 , Mn_2O_3 (Daltonsches Gesetz).

Millersche Bezeichnungsweise. Eine andere Art, die Kristallformen zu bezeichnen, rührt von Miller her; sie ist gleichfalls leicht verständlich und hat den Vorzug der Kürze. Man geht von dem Parameterverhältnis aus und bringt in diesem die Ableitungszahlen in den Nenner, also z. B.

$$a : \frac{2}{3}b : 3c = \frac{a}{3} : \frac{b}{2} : \frac{c}{1} \quad \text{oder} \quad a : b : 2c = \frac{a}{2} : \frac{b}{2} : \frac{c}{1}. \quad \text{Ist}$$

die Ableitungszahl ∞ , so tritt als Nenner Null auf, da $\frac{1}{0} = \infty$

$$\text{ist; also: } a : \infty b : \infty c = \frac{a}{1} : \frac{b}{0} : \frac{c}{0}; \quad \text{oder} \quad 2a : b : \infty c$$

$$= \frac{a}{1} : \frac{b}{2} : \frac{c}{0}. \quad \text{Weiterhin bleiben die Buchstaben für die}$$

Achsen fort, die drei Zahlen der Nenner werden nebeneinander gestellt und als Symbol der Form in Klammer gesetzt,

also: (321), (221), (100), (120). Hierbei hat man darauf zu achten, daß die erste Zahl sich auf die Achse a, die zweite auf b, die dritte auf c bezieht. Man nennt diese Zahlen die Indizes, sie haben vor der viel in Gebrauch gewesenen Raumanschen Bezeichnungsweise den Vorteil, daß sie für alle Systeme in der gleichen Weise gelten, nur im hexagonalen bedingen die drei Nebenachsen eine kleine Abweichung, die dort (S. 38) besprochen wird. Sie haben ferner den Vorteil der Verwendbarkeit beim Rechnen.

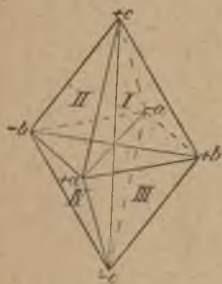


Fig. 5 a. Lage der Flächen in verschiedenen Raumabschnitten.

Soll die Lage einer einzelnen Fläche in einem bestimmten der 8 durch die Achsen gebildeten Raumabschnitte (Oktanten) angegeben werden, so geschieht dies, indem die Halbachsen als + und - unterschieden und das Vorzeichen im Parameterverhältnis und den Indizes angeführt wird. Werden die Halbachsen im rechten oberen Raumabschnitt als + bezeichnet, so wird die Lage der vier nach vorn liegenden Flächen einer Pyramide wie folgt angegeben:

$$\text{I. } +a : +b : +c = 111. \quad \text{II. } +a : -b : +c = 111.$$

$$\text{III. } +a : +b : -c = 111. \quad \text{IV. } +a : -b : -c = 111.$$

In den Indizes bleibt das + Zeichen fort und das - wird über die Zahl gesetzt. Die Klammer fällt fort, wenn die Indizes auf eine einzelne Fläche sich beziehen.

Benennung der Formen. Formen, deren Flächen alle drei Achsen schneiden, nennt man Pyramiden; die, deren Flächen einer Achse parallel gehen, heißen Säulen oder Prismen; die, deren Flächen zwei Achsen parallel gehen,

heißen Endflächen. Prismen, deren Flächen der Vertikalachse parallel gehen, heißen Vertikalprismen, solche, deren Flächen der Querachse parallel gehen, Querprismen, und die, deren Flächen der Längsachse parallel gehen, Längsprismen. Von den Endflächen geht die Basis oder kurz Endfläche den Nebenachsen parallel, die Querfläche der Querachse und Vertikalachse, die Längsfläche der Längsachse und Vertikalachse.

Zone. An vielen Kristallen sind einander parallele Kanten vorhanden; so sehen wir in Figur 5 auf S. 18, daß die aufrechten Kanten einander parallel sind, ebenso die, welche von links nach rechts, und die, welche von vorn nach hinten verlaufen. Von solchen Flächen, die sich in parallelen Kanten schneiden, sagt man, sie liegen in einer Zone, und versteht unter einer Zone alle die Flächen eines Kristalls, die einer bestimmten Kante parallel sind. Durch diese so häufig wahrzunehmende Parallelität von Kristallkanten kommt eine bestimmte Gesetzmäßigkeit in der Lage der Kristallflächen zum Ausdruck, aber nicht so, daß man ohne weiteres die Lage der Flächen am Kristall kurz ausdrücken könnte. Hierzu ist es notwendig, daß man erst die Lage von einigen Flächen fest bestimmt, dann läßt sich die Lage der anderen Flächen zu diesen angeben.

Bedeutung der Zonen. Sobald mir die Indices von drei sich schneidenden Flächen bekannt sind, kann ich die Indices der Flächen ermitteln, die mit diesen in Zonenverband stehen. In Fig. 5b mögen die Achsen den langen Kanten parallel gehen, dann haben die quadratischen Flächen folgende Indices: $a = 100$, $b = 010$, $c = 001$. Die Flächen d stumpfen die Kanten zwischen a/b , a/c und b/c gerade ab, ihre Indices kann ich berechnen nach dem Satz: Die



Fig. 5b.

Addition gleichartiger Indizes zweier Flächen ergibt die Indizes der Fläche, welche die zwischenliegende Kante gerade abstumpft; so für $d' 100 + 010 = 110$, für $d'' 100 + 001 = 101$, für $d''' 010 + 001 = 011$.

In Fig. 5c tritt zu diesen Flächen noch o hinzu, die mit c und d in einer Zone liegt; allgemein, nicht eindeutig, kann man ihre Indizes bestimmen nach dem Satz: Die Addition der Indizes von zwei benachbarten Flächen ergibt



Fig. 5c.

die Indizes einer zwischenliegenden Fläche; also $110 + 001 = 111$. Zwischen o und d' könnte liegen: $111 + 110 = 221$; zwischen a und d' $100 + 110 = 210$. Die Fläche o liegt aber auch mit a und d''' und mit b und d'' je in einer Zone; sobald aber eine Fläche in zwei bekannten Zonen liegt,

ist ihre Lage eindeutig bestimmt. Man ermittelt zunächst aus den bekannten Indizes zweier Flächen die Indizes von deren Kante, d. h. die ihrer Zone; dasselbe geschieht für die zweite Zone. Aus den Indizes beider Zonen ergeben sich die Indizes der Fläche, die zwischen beiden liegt. Zur Berechnung verfährt man nach einem einfachen Schema, indem man die Indizes der ersten Fläche zweimal nebeneinander setzt, die Indizes der zweiten ebenso darunter, das erste und letzte Glied streicht und die anderen kreuzweise multipliziert und subtrahiert, z. B. Berechnung der Indizes für die Zone a/d''' :

$$\begin{array}{r} a \quad 100 \cdot 100 \\ \quad \quad \times \times \times \\ d''' \quad 011 \quad 011 \end{array}$$

$$0 \cdot 1 - 0 \cdot 1 = 0, \quad 0 \cdot 0 - 1 \cdot 1 = -1, \quad 1 \cdot 1 - 0 \cdot 0 = 1.$$

Die Indizes der Zone a/d''' sind demnach $[011]$, ebenso erhält man für die Zone b/d'' die Indizes $[101]$. Aus den

Indizes beider Zonen erhält man nach dem gleichen Schema die Indizes der in beiden liegenden Fläche:

$$a/d''' \quad 011 \quad \cdot \quad 011$$

$$b/d'' \quad 101 \quad 101$$

$$\bar{1} \cdot \bar{1} - 1 \cdot 0 = 1, \quad 1 \cdot 1 - 0 \cdot 1 = 1, \quad 0 \cdot 0 - \bar{1} \cdot 1 = 1.$$

Die Indizes der Fläche o sind demnach eindeutig 111. So kann man häufig, ohne weitere Winkelmessung, die Indizes einer Fläche aus dem Zonenverband bestimmen.

Hemiedrie. Bisweilen kommt es vor, daß an einer scheinbar einfachen Kristallform, z. B. einem Oktaeder, die eine Hälfte der Flächen von der anderen Hälfte physikalisch verschieden, die eine Hälfte z. B. glänzend, die andere matt ist (Fig. 6), oder daß nur die eine Hälfte der Flächen auftritt, die andere Hälfte ganz fehlt; aus dem Oktaeder wird so das Tetraeder (Fig. 6). Man nennt diese Erscheinung Hemiedrie, die auftretenden Formen Halbflächner oder Hemieder.



Fig. 6. Tetraeder, der Halbflächner des Oktaeders. Zinfbliende.

Sie besitzen weniger Spiegelebenen als die anderen Kristalle des Systems, können aber immer von solchen, die die volle Zahl von Spiegelebenen besitzen, den vollflächigen oder holoedrischen Kristallen, abgeleitet werden, da ihre Flächen zu den Achsen dieselbe Lage haben wie bei diesen. Wie leicht einzusehen, kann ein solcher Vollflächner zwei Halbflächner liefern, je nachdem die eine oder die andere Hälfte seiner Flächen auftritt; beide haben genau dieselbe Form, aber verschiedene physikalische Eigenschaften (z. B. verschiedenen Glanz) und am selben Kristall verschiedene Lage. Das Tetraeder, das die Lage der weißen Flächen in

Fig. 6 hat, bekäme die Indizes (111), das andere (111). Seltener tritt von einer Form nur der vierte Teil der Flächen auf, was man als Tetartoedrie bezeichnet. Die im ganzen seltene Erscheinung, daß an einem Ende einer Achse andere Flächen auftreten als am anderen, nennt man Hemimorphie (Fig. 130 und 132).

Jede Hemiedrie ist eine Kristallklasse für sich; die 32 Klassen (S. 19) bestehen aus 6 holoedrischen und 26 hemiedrischen (tetartoedrischen oder hemimorphen) Gruppen, immer aber ist es möglich, die hemiedrischen Klassen eines Systems von der holoedrischen abzuleiten. Wir wollen im folgenden nur die wichtigsten holoedrischen und hemiedrischen Formen kennenlernen. Bei ihrer Beschreibung nehmen wir an, daß sie ideal ausgebildet seien, d. h. daß die gleichwertigen Flächen eines Kristalls gleich groß seien.

Reguläres System.

(Drei gleiche, aufeinander senkrecht stehende Achsen. Achsenkreuz mit neun Spiegelebenen.)

Einfache holoedrische Formen.

(Neun Spiegelebenen, von denen drei den Würfel Flächen, sechs den Flächen des Rhombenbodekaeders parallel gehen. Die Achsen sind vierzählige Dedachsen.)

1. Oktaeder (Fig. 7), begrenzt von acht gleichseitigen Dreiecken, die Achsen gehen von Ecke zu Ecke; jede Fläche schneidet die drei Achsen in gleicher Länge. $a : a : a = (111)$.

2. Pyramidenoktaeder (Fig. 8), begrenzt von 24 gleichschenkligen Dreiecken, die Achsen gehen durch die Ecken E; jede Fläche schneidet zwei Achsen in gleicher, die dritte in größerer, am häufigsten der doppelten Länge. $a : a : 2a = (221)$.

3. Kristalltetraeder (Fig. 9), begrenzt von 24 Bier-ecken (Deltoiden), die Achsen gehen durch die Ecken E; jede

Fläche schneidet zwei Achsen in gleicher, die dritte in kleinerer Länge, z. B. $a : 2a : 2a = (211)$.

4. Achtundvierzigflächner (Fig. 10), begrenzt von 48 ungleichseitigen Dreiecken, die Achsen gehen durch die Ecken E; jede Fläche schneidet die 3 Achsen in verschiedener Länge, z. B. $a : \frac{3}{2}a : 3a = (321)$.



Fig. 7. Octaeder.
Magneteisen.



Fig. 8.
Pyramidenoktaeder.

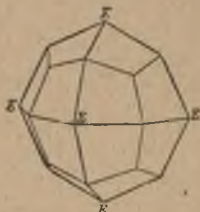


Fig. 9. Kositetraeder.
Analzim.



Fig. 10.
Achtundvierzigflächner.
Diamant.



Fig. 11.
Rhombendodekaeder.
Granat.



Fig. 12.
Pyramidenwürfel.
Flußpat.

5. Rhombendodekaeder (Fig. 11), auch Granatoeder genannt, begrenzt von 12 rhombischen Flächen, die Achsen gehen durch die Ecken E; jede Fläche geht einer Achse parallel und schneidet die beiden andern in gleicher Länge, z. B. $a : a : \infty a = (110)$.

6. Pyramidenwürfel (Fig. 12), begrenzt von 24 gleichschenkligen Dreiecken, die Achsen gehen durch die Ecken



Fig. 13. Würfel.
Steinsalz.

E; jede Fläche geht einer Achse parallel und schneidet die beiden anderen in verschiedener Länge, z. B. $a : 2a : \infty a = (210)$.

7. Würfel (Fig. 13), begrenzt von 6 aufeinander senkrechten gleichwertigen Flächen, die Achsen gehen durch die Mitte der Flächen, jede Fläche geht zwei Achsen parallel. $a : \infty a : \infty a = (100)$.

Bereinigungen. Die genannten einfachen Formen treten vielfach zu Vereinigungen zusammen, einige der häufigsten sind:

Träger der Bereingung	Die Ecken werden abgestumpft durch:	Die Kanten werden abgestumpft durch:	Die Kanten werden zugschärft durch:
Oftaeder (111)	Würfel (111) · (100) Fig. 14	Rhombendodekaeder (111) · (110) Fig. 15	Pyramidenoktaeder (111) · (221) Fig. 16
Würfel (100)	Oftaeder (100) · (111) Fig. 17	Rhombendodekaeder (100) · (110) Fig. 18	Pyramidenwürfel (100) · (210) Fig. 19
Rhombendodekaeder (110)	Würfel und Oftaeder (110) · (100) · (111) Fig. 20	Ikositetraeder (110) · (211) Fig. 21	48-Flächner (110) · (321) Fig. 22

Am Würfel als Träger der Bereingung bewirkt außerdem das Ikositetraeder eine dreiflächige, von den Flächen

aus aufgesetzte Zuspitzung der Ecken, der Achtundvierzigflächner eine sechsflächige Zuspitzung der Ecken; am Okta-



Fig. 14. Oktaeder mit Würfel. Bleiglanz.



Fig. 15. Oktaeder mit Rhombenbocuboctaeder. Spinell.

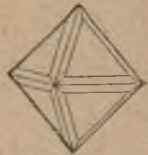


Fig. 16. Oktaeder mit Pyramidenoktaeder. Bleiglanz.



Fig. 17. Würfel mit Oktaeder. Bleiglanz.



Fig. 18. Würfel mit Rhombenbocuboctaeder. Flußpat.

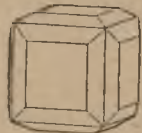


Fig. 19. Würfel mit Pyramidenwürfel. Flußpat.



Fig. 20. Rhombenbocuboctaeder mit Würfel und Oktaeder.



Fig. 21. Rhombenbocuboctaeder mit Trisoctaeder. Granat.



Fig. 22. Rhombenbocuboctaeder mit Achtundvierzigflächner.

eder als Träger bewirkt das Trisoctahedron eine vierflächige, von den Flächen aus aufgesetzte Zuspitzung der Ecken. Beispiele: Gold, Silber, Kupfer, Steinsalz, Flußpat, Magnet-eisen, Spinell, Bleiglanz, Granat, Analzim.

Halbflächige Formen.

Es gibt im regulären System zwei wichtige Gruppen von halbflächigen Formen, die tetraedrischen und die pyritoedrischen. Die ersteren besitzen nur die sechs den Rhombendodekaederflächen parallelen Spiegelebenen, die anderen nur die drei den Würfelflächen parallelen Spiegelebenen. Den tetraedrischen fehlt das Symmetriezentrum, bei den anderen ist es vorhanden, diese werden daher auch parallelflächig hemiedrisch, die tetraedrischen geneigtflächig genannt. Die Achsen sind nur zweizählige Deckachsen. Die wichtigsten Formen der

Tetraedrischen Hemiedrie sind:

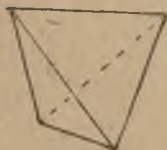


Fig. 23. Tetraeder.
Borazit.



Fig. 24. Pyramidentetraeder.
Fahlerz.



Fig. 25. Tetraeder.
Innen (111) mit
(111). Zinkblende.

Tetraeder (Fig. 23), begrenzt von vier gleichseitigen Dreiecken, die Achsen gehen durch die Mitte der Kanten: es ist der Halbflächner vom Oktaeder, das zwei in der Form gleiche, in der Lage am Kristall verschiedene Tetraeder liefert, ihr Zeichen ist (111) und $(\bar{1}\bar{1}\bar{1})$.

Pyramidentetraeder (Fig. 24), begrenzt von zwölf gleichschenkligen Dreiecken, die Achsen gehen durch die langen Kanten; es ist der Halbflächner vom Trisitetraeder, sein Zeichen (211) und $(\bar{2}\bar{1}\bar{1})$.

Die anderen Formen, das Deltoeder und Hexaistetraeder sind selten. Der Würfel, das Rhombendodekaeder und der

Pyramidenwürfel bleiben in der Form unverändert, ihre Zugehörigkeit zu dieser Gruppe ist aus der Flächenzeichnung oder aus Abfiguren zu erkennen.

Die tetraedrischen Formen kann man von ihren vollständigen ableiten nach dem Gesetz: Die in einem Oktanten liegenden Flächen verhalten sich einander gleich und verschieden von den Flächen in den angrenzenden Oktanten. Wenn die Flächen in dem einen Oktanten sich ausdehnen und die in dem benachbarten Oktanten verschwinden, entsteht eine hemiedrische Form, z. B. aus dem Oktaeder ein Tetraeder (Fig. 25). Die vorher vierzähligen Achsen sind zweizählige Decksachsen geworden.

Vereinigungen. Die Kanten des Tetraeders werden abgestumpft durch den Würfel (Fig. 26); ist der Würfel Träger der Vereinigung, so stumpft das Tetraeder die abwechselnden Ecken ab (Fig. 27). Die Ecken des Tetraeders werden abgestumpft durch das andere Tetraeder, das man



Fig. 26. Tetraeder mit Würfel. Zinkblende.



Fig. 27. Würfel mit Tetraeder. Borazit.



Fig. 28. Tetraeder mit Gegentetraeder. Zinkblende.



Fig. 29. Tetraeder mit Pyramidentetraeder. Fahlerz.



Fig. 30. Tetraeder mit Rhombenoktaeder. Fahlerz.



Fig. 31. Würfel mit Tetraeder und Rhombenoktaeder. Borazit.

sein Gegentetraeder nennt (Fig. 28 u. 25). Die Kanten des Tetraeders werden zugespitzt durch Pyramidentetraeder (Fig. 29), die Ecken des Tetraeders werden von den Flächen aus zugespitzt durch das Rhombendodekaeder (Fig. 30). Fig. 31 stellt eine Vereinigung von Würfel mit Tetraeder und Rhombendodekaeder dar. Beispiele: Fahlerz, Zinkblende, Borazit.

Pyritoedrische Hemiedrie. Pentagondodekaeder oder Pyritoeder¹⁾ (Fig. 32), begrenzt von zwölf Fünfecken (Pentagonen), die Achsen gehen durch die Kanten, die in



Fig. 32. Pentagondodekaeder. Schwefelkies.



Fig. 33. Diploeder. Schwefelkies.

jedem Fünfeck nur einmal vorhanden sind. Halbflächner vom Pyramidenwürfel; daher das Zeichen (210) u. (210).

Diploeder (Fig. 33), begrenzt von vierundzwanzig Flächen, die Achsen gehen durch die Ecken E. Halbflächner vom Achtundvierzigflächner. Das Zeichen etwa (321) u. (321), auch (421).

Das Gesetz, nach dem man diese Halbflächner von ihren Vollflächnern ableiten kann, lautet: Die in einem Oktanten liegenden Flächen verhalten sich abwechselnd gleich, und an der Grenze der Oktanten stoßen sich gleich verhaltende Flächen zusammen. Nur Pyramidenwürfel und Achtundvierzigflächner liefern besondere hemiedrische Formen, die anderen bleiben in ihrer Gestalt unverändert, lassen aber die Zu-

¹⁾ Genannt nach Pyrit, Schwefelkies, der in dieser Form häufig kristallisiert. Symmetrieelemente j. S. 32.

gehörigkeit zu dieser Hemiedrie oft aus der Streifung der Flächen erkennen (Fig. 85). Die Achsen sind zweizählige Deckachsen.



Fig. 34. Würfel mit Pentagondodekaeder. Schwefelkies.



Fig. 35. Oktaeder mit Pentagondodekaeder. Kobaltglanz.



Fig. 36. Oktaeder und Pentagondodekaeder im Gleichgewicht. Kobaltglanz.

Vereinigungen. Die beiden Hemieder vereinigen sich miteinander und mit Würfel und Oktaeder, nie aber mit den Formen der tetraedrischen Gruppe. Die Kanten des Würfels werden durch das Pentagondodekaeder schief abgestumpft (Fig. 34), die Ecken des Oktaeders werden vom Pentagondodekaeder zweiflächig zugespitzt (Fig. 35); Oktaeder und Pentagondodekaeder im Gleichgewicht bilden das sogenannte Kjoaeder (Fig. 36). Das Diploeder bildet am Oktaeder eine vierflächige, am Würfel eine dreiflächige Zuspitzung der Ecken, seine Flächen liegen schief zu den Kanten dieser Formen. Beispiele: Schwefelkies, Kobaltglanz.

Hexagonales System.

(Achsenkreuz mit sieben Spiegelebenen; außer der Hauptachse drei gleiche in einer Ebene liegende Nebenachsen.)

Einfache holoedrische Formen.

$3 + 3 + 1$ S. E. Die Hauptachse ist eine sechszählige Deckachse.

1. Hexagonale Pyramiden sind begrenzt im ganzen von zwölf gleichschenkligen Dreiecken; die Hauptachse geht durch die beiden Endecken, die drei angenommenen Neben-

achsen können durch die Ecken oder durch die Mitte der Seitenkanten gehen, die Flächen der äußerlich gleichen Formen können demnach zu den Nebenachsen, d. h. am Kristall, verschieden liegen, und man unterscheidet hiernach:

1a. Pyramiden erster Stellung (Fig. 37), die Achsen gehen von Ecke zu Ecke, eine Fläche schneidet zwei Nebenachsen im Verhältnis $a : a$ und geht der dritten parallel;

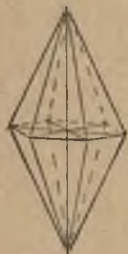


Fig. 37. Hexagonale
Pyramide erster
Stellung.

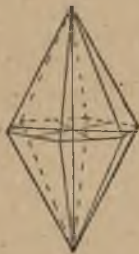


Fig. 38. Hexagonale
Pyramide zweiter
Stellung.



Fig. 39. Dihexagonale
Pyramide.

die Hauptachse wird von den verschiedenen Pyramiden, die an den Kristallen einer Substanz auftreten können, in verschiedener Länge geschnitten; aus allen wählt man eine als Grundpyramide $a : a : c$, die anderen sind dann steiler als diese oder stumpfer, z. B. $a : a : 2c$, $: 3c$, $: \frac{1}{2}c$.

1 b. Pyramiden zweiter Stellung (Fig. 38), die Nebenachsen gehen durch die Mitte der Steinkanten; die Nebenachsen werden im Verhältnis $2a : a : 2a$, die Hauptachse von verschiedenen Pyramiden wieder in verschiedener Länge geschnitten, also $a : 2a : mc$.

2. Dihexagonale Pyramiden (oder zwölfseitige Pyramiden) (Fig. 39) sind begrenzt von vierundzwanzig ungleichseitigen Dreiecken, eine Fläche schneidet zwei Neben-

achsen im Verhältnis $a : na$, worin n zwischen 1 und 2 liegt.
 $a : na : mc$, z. B. $a : \frac{3}{2} a : 3c$.

3. Hexagonale Prismen sind begrenzt von sechs Flächen, die der Hauptachse parallel gehen und sich unter 120° schneiden; sie können zu den Nebenachsen dieselbe verschiedene Lage haben wie die Flächen der hexagonalen Pyramiden. Die äußerlich gleichen Formen werden demnach unterschieden als:

3a. Prisma erster Stellung (Fig. 40), die Nebenachsen gehen von Kante zu Kante. $a : a : \infty c$.

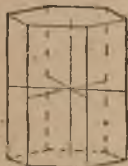


Fig. 40. Hexagonales Prisma erster Stellung. Kalkspat.



Fig. 41. Hexagonales Prisma zweiter Stellung. Korund.



Fig. 42. Dihexagonales Prisma.

3b. Prisma zweiter Stellung (Fig. 41), die Nebenachsen gehen von Fläche zu Fläche. $a : 2a : \infty c$.

Die Formen beider Prismen sind vollkommen gleich, sie unterscheiden sich nur durch die Lage ihrer Flächen zu den Nebenachsen. Lasse ich diese von Kante zu Kante gehen, so ist das Prisma ein solches erster Stellung; lasse ich sie in demselben Prisma von Fläche zu Fläche gehen, so nenne ich es zum Unterschied Prisma zweiter Stellung.

4. Dihexagonale Prismen (Fig. 42), oder zwölfseitige Prismen, sind begrenzt von zwölf der Hauptachse parallelen, gleichen Flächen. $a : na : \infty c$.

5. Die Basis oder Endfläche geht den Nebenachsen parallel, $\infty a : \infty a : c$, besteht aus einer Fläche und der

parallelen Gegenfläche. Sie bildet z. B. in den Figuren 40—42 die Endbegrenzung der Prismen.

Die Bezeichnung durch Indizes nimmt zweckmäßig darauf Rücksicht, daß drei gleiche Nebenachsen vorhanden sind. Damit gleichwertige Flächen gleichartige Indizes erhalten, werden die um 120° entfernten Halbachsen mit dem gleichen Vorzeichen bezeichnet, die Summe der drei auf die Nebenachsen bezüglichen Indizes ist alsdann unter Berücksichtigung ihres Vorzeichens immer gleich Null. Die Parameterverhältnisse und Indizes sind alsdann für

$$\begin{aligned} \text{Formen erster Stellung } a' : \infty a'' : -a''' : c &= 1011 \\ &: \frac{1}{2}c = 1012 \\ &: 2c = 2021 \\ &\infty c = 1010, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Formen zweiter Stellung } 2a' : 2a'' : -a''' : c &= 1122 \\ &: 2c = 1121 \\ &: \infty c = 1120, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{zwölffseitige Formen } \frac{2}{3}a' : 3a'' : -a''' : 3c &= 2131 \\ &: \infty c = 2130. \end{aligned}$$

$$\text{Basis} \quad \infty a : \infty a : \infty a : c = 0001.$$

Die **Bereinigungen** können von Formen gleicher und verschiedener Stellung gebildet werden. Treten Formen gleicher Stellung zu Kombinationen zusammen, so kommen die Flächen der einen Form über oder unter die Flächen der anderen zu liegen; so stellt z. B. Fig. 43 Prisma und Pyramide gleicher Stellung, Fig. 44 zwei Pyramiden gleicher Stellung vor; beide sind als Formen erster Stellung gezeichnet, sie könnten auch als Formen zweiter Stellung aufgefaßt werden. Treten Formen von verschiedener Stellung zusammen, so liegen in der Bereinigung die

Flächen der einen Form über oder unter den Kanten der anderen; so stellt Fig. 45 ein Prisma und eine Pyramide verschiedener Stellung, Fig. 46 zwei Pyramiden verschiedener Stellung vor. Fig. 45 ist als Prisma erster Stellung mit Pyramide zweiter Stellung gezeichnet; die Form könnte auch als Prisma zweiter Stellung mit Pyramide erster Stellung aufgefaßt werden. Fig. 46 ist als Pyramide erster Stellung mit untergeordneter Pyramide zweiter Stellung gezeichnet; sie könnte auch als Pyramide zweiter Stellung



Fig. 43. Prisma
und Pyramide
gleicher
Stellung.



Fig. 44. Zwei
Pyramiden
gleicher
Stellung.



Fig. 45. Prisma
und Pyramide
verschiedener
Stellung.



Fig. 46. Zwei
Pyramiden
verschiedener
Stellung.

mit untergeordneter Pyramide erster Stellung aufgefaßt werden. Das Prisma erster Stellung stumpft am Prisma zweiter Stellung die Kanten gerade ab und umgekehrt. Die Basis bildet die natürliche Endbegrenzung der Prismen (Fig. 40—42); an den Pyramiden stumpft sie die Enddecke ab (s. Fig. 94). Die dihexagonalen Pyramiden und Prismen sind in den Vereinigungen durch die Zahl und Lage ihrer Flächen leicht zu erkennen.

Beispiel: Beryll.

Hemieder. Im hexagonalen System sind hemiedrische Kristalle häufiger als vollflächige. Von besonderer Wichtigkeit ist die rhomboedrische Hemiedrie, benannt nach der

häufigsten Form, dem Rhomboeder. Das Gesetz, nach dem man diese Halbsflächen von ihren Vollflächen ableiten kann, lautet: Die in einem Dodekanten liegenden Flächen verhalten sich einander gleich und verschieden von den Flächen in den angrenzenden Dodekanten; es ist analog dem Gesetze der tetraedrischen Hemiedrie im regulären System. Die hemiedrischen Formen heißen Rhomboeder und Skalenoeder; die Hauptachse ist eine dreizählige Drehachse; 3 SE., die sich in der Hauptachse schneiden.



Fig. 47.
Rhomboeder.
Kalkspat.



Fig. 48.
Rhomboeder.
Kalkspat.



Fig. 49.
Skalenoeder.
Kalkspat.

Rhomboeder (Fig. 47 und 48) sind die Halbsflächen von hexagonalen Pyramiden erster Stellung, sie bekommen die gleichen Indizes wie diese und können ebenso steil oder stumpf sein. Jedes Rhomboeder ist von sechs Rhombenflächen begrenzt; die Nebenachsen gehen durch die Mitte der auf- und absteigenden Seitenkanten. Aus jeder Pyramide kann man zwei Rhomboeder ableiten, die man als positiv und negativ unterscheidet. An sich ist ein Rhomboeder weder positiv noch negativ, sondern wird das eine oder andere nach meiner Wahl. Bei Mineralien, welche wie Kalkspat Spaltbarkeit nach einem Rhomboeder besitzen, wird dieses als positives Grundrhomboeder (1011) gewählt; die,

deren Flächen nach derselben Seite hin liegen wie die Spaltungsflächen, sind dann ebenfalls positiv, die anderen negativ.

Skalenoeder (Fig. 49) sind die Halbflächner von diehexagonalen Pyramiden und bekommen ebensolche Indizes wie diese. Sie sind begrenzt von zwölf ungleichseitigen Dreiecken; die Kanten, welche in den beiden Endecken zusammenstoßen, sind abwechselnd stumpfer und schärfer; die Nebenachsen gehen wieder durch die Mitte der auf- und absteigenden Seitenkanten.

Die hexagonalen Prismen erster und zweiter Stellung und die Pyramiden zweiter Stellung liefern keine neuen Formen, können sich aber mit diesen vereinigen.

Die **Vereinigungen** rhomboedrischer Formen sind immer leicht zu bestimmen, wenn man daran denkt, daß die Rhomboeder nur von Pyramiden erster Stellung, nicht auch von solchen zweiter Stellung sich ableiten. Liegen daher in einer Vereinigung von Rhomboeder und Prisma die Rhomboederflächen über den Prismenflächen, so liegt das Prisma erster Stellung und ein Rhomboeder (Fig. 50, (1010) · (1012)) vor; liegen aber die Rhomboederflächen über den Prismenkanten, so ist die Form eine Vereinigung von dem Prisma zweiter Stellung mit einem Rhomboeder (Fig. 51, (1120) · (1011)). Treten nur positive (oder nur negative) Rhomboeder miteinander in Kombination, so liegt Fläche über Fläche; treten positive Rhomboeder mit negativen in Vereinigung, so liegen die Flächen des einen über oder unter den Kanten des anderen. In einem besondern Fall werden die Kanten



Fig. 50.
Prisma erster
Stellung mit
Rhomboeder.
Kathpat.



Fig. 51.
Prisma zweiter
Stellung mit
Rhomboeder.

des einen (etwa positiven) Rhomboeders durch die Flächen eines anderen (dann negativen) Rhomboeders gerade abgestumpft; man nennt letzteres das nächste stumpfere Rhomboeder; es schneidet von der Hauptachse nur ein halb so großes Stück ab wie jenes. Z. B. ist (0112) das nächste stumpfere zu (1011), dieses das nächste stumpfere zu (0221), dieses das nächste stumpfere zu (4041).

Beispiele: Kalkspat, Eisenglanz, Korund, Rotgültigerz.

Ein Beispiel für Tetartoedrie werden wir bei Quarz, ein solches für Hemimorphie bei Turmalin kennenlernen.

Quadratisches System.

(Achsenkreuz mit fünf Spiegelebenen. Außer der Hauptachse zwei unter sich gleiche, von der Hauptachse verschiedene Nebenachsen; die drei Achsen sind aufeinander senkrecht.)

Einfache holoedrische Formen.

Die Hauptachse ist eine vierzählige Dechachse; $2 + 2 + 1$ SE.

1. Quadratische Pyramiden sind begrenzt von acht gleichschenkligen Dreiecken, die Nebenachsen können durch die Ecken oder durch die Mitten der Seitenkanten gehen; die Flächen der äußerlich gleichen Formen können demnach gegen die Achsen verschieden liegen, und man unterscheidet:



Fig. 52.
Quadratische
Pyramide erster
Stellung.



Fig. 53.
Quadratische
Pyramide zweiter
Stellung.

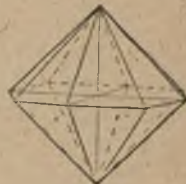


Fig. 54.
Diktaeder.

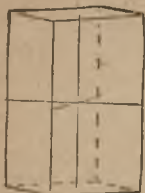


Fig. 55. Quadratisches Prisma erster Stellung.

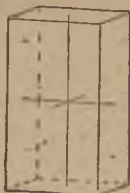


Fig. 56. Quadratisches Prisma zweiter Stellung.



Fig. 57. Achteitiges Prisma.

1a. Pyramiden erster Stellung (Fig. 52), die Achsen gehen von Ecke zu Ecke; die Nebenachsen werden in gleichem Verhältnis geschnitten, also: Grundpyramide $a : a : c = (111)$. Andere mit $\frac{1}{2}c$ (112), mit $2c$ (221) (vgl. S. 44).

1b. Pyramiden zweiter Stellung (Fig. 53), die Nebenachsen gehen durch die Mitte der Seitenkanten, eine Fläche geht je einer Nebenachse parallel, also $a : \infty a : c = (101)$ oder mit $\frac{1}{2}c$ (102), $2c$ (201).

2. Dyoctaeder (Fig. 54), begrenzt von sechzehn ungleichseitigen Dreiecken, eine Fläche schneidet die drei Achsen in verschiedenem Verhältnis, z. B. $a : 3a : 3c = (311)$.

3. Quadratische Prismen sind begrenzt von vier gleichen Flächen, die sich unter 90° schneiden, der Hauptachse parallel gehen und zu den Nebenachsen dieselbe verschiedene Lage haben wie die Flächen der quadratischen Pyramiden. Die äußerlich gleichen Formen werden demnach unterschieden als:

3a. Prisma erster Stellung (Fig. 55), die Nebenachsen gehen von Kante zu Kante und werden in gleichem Verhältnis geschnitten. $a : a : \infty c = (110)$.

3b. Prisma zweiter Stellung (Fig. 56), die Nebenachsen gehen durch die Mitte der Fläche; eine Fläche ist

außer der Vertikalachse auch je einer Nebenachse parallel.
 $a : \infty a : \infty c = (100)$.

4. Achteitiges Prisma (Fig. 57), begrenzt von acht gleichen Flächen, die die Nebenachse in verschiedenem Verhältnis schneiden und der Vertikalachse parallel gehen, z. B.
 $a : 3a : \infty c = (310)$.

Basis (Endfläche), geht den Nebenachsen parallel,
 $\infty a : \infty a : c = (001)$; in den Figuren 55—57 bildet sie die Endbegrenzung der Prismen.

Vereinigungen. Hier gilt das S. 38 Gesagte. Fig. 58



Fig. 58. Prisma
und Pyramide
gleicher Stellung.
Birkon.



Fig. 59. Zwei
Pyramiden gleicher
Stellung.

stellt uns ein Prisma mit Pyramide gleicher Stellung, Fig. 59 zwei Pyramiden gleicher Stellung vor. Beide sind als Formen erster Stellung gezeichnet, könnten aber auch als solche zweiter Stellung aufgefaßt werden. Fig. 60 stellt uns Prisma und Pyramide verschiedener Stellung vor, gezeichnet als Prisma zweiter und Pyramide erster Stellung. In Fig. 61 ist Prisma



Fig. 60. Prisma
und Pyramide ver-
schiedener Stellung.
Birkon.



Fig. 61. Prisma
zweiter Stellung mit
Pyramide erster
Stellung und Basis.
Apophyllit.



Fig. 62. Prisma
zweiter Stellung mit
Pyramide erster
Stellung und einem
Dioktaeder. Birkon.

zweiter, Pyramide erster Stellung und Basis gezeichnet; in Fig. 62 Prisma zweiter Stellung mit Pyramide erster Stellung und einem Dioктаeder (100) · (111) · (311).

Beispiel: Zirkon, Vesuvian, Apophyllit.

Hemieder sind nicht häufig; aus den Pyramiden erster Stellung entstehen Tetraeder, ähnlich denen des regulären Systems, nur sind ihre Flächen nicht gleichseitige, sondern gleichschenklige Dreiecke. Kupferkies kristallisiert in dieser Hemiedrie.

Rhombisches System.

(Achsenkreuz mit drei Spiegelebenen; drei ungleiche, zueinander senkrecht Achsen, die zweizählige Deachsen sind. irgendeine von den drei Achsen nimmt man zur Vertikalachse (c), die längere der beiden anderen als Querachse (b), die kürzere (a) geht dann als Längsachse auf den Beobachter zu.)

Einfache Formen.

1. Rhombische Pyramiden (Fig. 63), begrenzt von acht ungleichseitigen Dreiecken; ihre Flächen schneiden alle drei Achsen, die von Ecke zu Ecke gehen. Grundpyramide $a : b : c = (111)$, andere etwa mit $\frac{1}{2}c$ (113), $2c$ (221).

2. Rhombische Prismen, begrenzt von vier gleichen, einer Achse parallelen Flächen, die sich unter schiefen Winkeln schneiden; nach der Lage ihrer Flächen zu den Achsen unterscheidet man:

2 a. Vertikalprismen (Fig. 64), die Flächen gehen der Vertikalachse parallel,

3. B. $a : b : \infty c = (110)$, andere (210) · (130).

2 b. Längsprismen (Fig. 65, die kleinen Flächen oben), die Flächen gehen der Längsachse (a) parallel. $\infty a : b : c, = (011)$ andere (012) · (031).



Fig. 63.
Rhombische
Pyramide.



Fig. 64.
Vertikalprisma.



Fig. 65.
Längsprisma mit
Vertikalprisma.

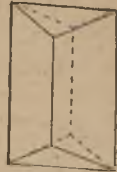


Fig. 66.
Querprisma mit
Vertikalprisma.

2c. Querprismen (Fig. 66, die kleineren Flächen), die Flächen gehen der Querachse (b) parallel. $\bar{a} : \infty b : c$ (101), andere (102) • (201).

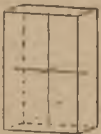


Fig. 67. Die
drei rhombischen
Endflächen.

3. Endflächen, begrenzt von zwei Flächen, die zwei Achsen parallel gehen und auf der dritten senkrecht stehen.

3a. Längsfläche (die seitliche Fläche in Fig. 67), geht der Längsachse (\bar{a}) und der Vertikalachse parallel. $\infty \bar{a} : b : \infty c = (010)$.

3b. Querfläche (die vordere Fläche in Fig. 67), geht der Querachse (b) und der Vertikalachse parallel. $\bar{a} : \infty b : \infty c = (100)$.



Fig. 68. Vereinigung
von zwei rhombischen
Vertikalprismen mit
einer Pyramide.
Topas.



Fig. 69. Siehe
Text. Olivin.



Fig. 70. Pyramide
mit einer stumpferen
Pyramide, der Basis
und einem Längs-
prisma. Schwefel.

3c. Basis (die obere Fläche), geht der Längs- und Quersachse parallel. $\infty a : \infty b : c = (001)$.

Die **Bereinigungen** finden verschiedene Deutung, je nachdem man die eine oder die andere der drei Achsen zur Vertikalachse wählt. Bei prismatischen Kristallen läßt man in der Regel die Vertikalachse den langen Prismenkanten parallel gehen. So ist der in Fig. 68 gezeichnete Kristall von zwei Vertikalprismen $a : b : \infty c = (110)$ und $2a : b : \infty c = (120)$ und einer Pyramide $a : b : c = (111)$ begrenzt. Der in Fig. 69 gezeichnete Kristall ist begrenzt von einem Vertikalprisma (n), einem Längsprisma (k), einem Quersprisma (d), einer Pyramide (e) und den drei Endflächen: Längsfläche (T), Quersfläche (M) und Basis. Der in Fig. 70 gezeichnete Kristall ist begrenzt von einer Pyramide (111), einer stumpferen Pyramide (113), der Basis (001) und einem Längsprisma (011).

Beispiele: Schwefel, Arsenkies, Olivin, Topas, Andalusit, Staurolith, Aragonit, Schwerspat, Zölestin.

Monoklines System.

(Achsenkreuz mit einer Spiegelebene; drei ungleiche Achsen, zwei davon schneiden sich schiefwinklig und liegen in der Spiegelebene, die dritte ist senkrecht zu beiden und senkrecht zur Spiegelebene.)

Die flächenreichste einfache Form ist von im ganzen vier Flächen, zwei Flächen und den ihnen parallelen Gegenflächen, begrenzt; für sich können daher einfache Formen nicht vorkommen, alle monoklinen Kristalle sind Vereinigungen mehrerer. Die Deutung der Flächen hängt von der Wahl der Achsen ab; die beiden schiefen Achsen wählt man so, daß sie in der Spiegelebene liegen und Kristallkanten parallel gehen, die dritte ist senkrecht zur Spiegelebene und daher gegeben. Die eine (c) der schiefen Achsen stellt man vertikal, die andere (a) läßt man vom Beobachter nach hinten

aufsteigen, es ist also die Längsachse, die dritte (b) verläuft dann als Querachse quer. Die Flächen, welche am richtig gestellten Kristall oben vorne liegen, nennt man vordere, die, welche oben hinten liegen, hintere Flächen; im übrigen werden die Flächen nach ihrer Lage zu den gewählten Achsen bezeichnet:

1. Pyramiden, ihre Flächen schneiden alle drei Achsen; z. B. $a : b : c = (111)$ (in Fig. 72 ist die mit $o = 111$ bezeichnete Fläche hintere Pyramidenfläche).

2. Prismen, ihre Flächen gehen einer Achse parallel und schneiden die beiden anderen Achsen.

2 a. Vertikalprismen, die Flächen gehen der Vertikalachse parallel; z. B. $a : b : \infty c = (110)$ (T in Fig. 72).

2 b. Längsprismen, die Flächen gehen der Längsachse parallel; z. B. $\infty a : b : c = (011)$.

2 c. Querprismen, auch Schiefendflächen genannt, die Flächen gehen der Querachse parallel; z. B. $a : \infty b : c = (101)$ (in Fig. 72 sind x und y zwei hintere Schiefendflächen $x = 101$, $y = 201$).

3. Endflächen, begrenzt von zwei Flächen, die zwei Achsen parallel gehen:

3 a. Längsfläche, geht der Längsachse und der Vertikalachse parallel. $\infty a : b : \infty c = (010)$ (M in Fig. 72).

3 b. Querfläche, geht der Querachse und der Vertikalachse parallel. $a : \infty b : \infty c = (100)$.

3 c. Endfläche oder Basis, geht der Längs- und Querachse parallel. $\infty a : \infty b : c = (001)$ (P in Fig. 72).

Bereinigungen. Wie bei rhombischen Kristallen hängt die Deutung der Flächen von der Wahl der Achsen ab. Lasse ich bei dem in Fig. 71 gezeichneten Kristall die Vertikalachse den langen Kanten, die Längsachse der schief aufsteigenden Kante parallel gehen, so habe ich als Flächen: ein Vertikal-

prisma (110), die Querfläche (100), die Längsfläche (010) und ein Längsprisma (011). Lasse ich bei dem in Fig. 72 gezeichneten Kristall

die Vertikalachse den langen Kanten, die Längsachse der kurzen Kante zwischen P und M parallel gehen, so habe ich ein Vertikalprisma $T = (110)$, die Längsfläche $M = (010)$, die Basis $P = (001)$, zwei hintere Schief-

endflächen $x = (101)$ und $y = (201)$ und eine hintere Pyramide $o = (111)$.

Beispiele: Feldspat, Augit, Hornblende, Gips.



Fig. 71. Vereinigung von Vertikalprisma, Querfläche, Längsfläche und Längsprisma. Augit.



Fig. 72. Vereinigung von Vertikalprisma(T), Längsfläche (M), Basis (P), zwei hintern Schiefendflächen (x, y) und einer hintern Pyramide (o). Feldspat.

Triklines System.

(Keine Spiegelebene; drei ungleiche, zueinander schiefe Achsen.)

Jede einfache Form im triklinen System besteht nur aus zwei Flächen (einer Fläche und der ihr parallelen Gegenfläche), daher ist jeder trikline Kristall eine Vereinigung von verschiedenen Formen. Die Deutung und Benennung der Flächen ist von der Wahl der Achsen durchaus abhängig. Man wählt die Achsen so, daß sie drei Kristallkanten parallel gehen, stellt eine von ihnen vertikal, von den beiden anderen läßt man die kürzere als Längsachse auf sich zugehen, die längere verläuft dann quer und schief. Man nennt dann die Flächen, welche alle drei Achsen schneiden, Pyramiden, die, welche der Vertikalachse parallel gehen, Vertikalprismen, die, welche der Längsachse parallel gehen, Längs-

prismen, die der Querachse parallelen Querprismen oder Schiefendflächen; die Fläche, welche der Längs- und Vertikalachse parallel geht, nennt man Längsfläche, die, welche der Querachse und Vertikalachse parallel geht, Querfläche und die der Längs- und Querachse parallele Fläche die Basis. Lasse ich z. B. an dem in Fig. 73 gezeichneten Kristall die Vertikalachse den langen Kanten, die Längsachse der schief aufsteigenden Kante zwischen P und M, und die Querachse der oben von rechts nach links gehenden längeren Kante parallel gehen, so habe ich an dem Kristall Vertikalprismen

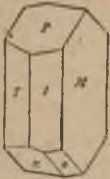


Fig. 73. Trifliner Kristall. Albit.

$T = (110)$ und $l = (110)$, Längsfläche $M = (010)$, Basis $P = (001)$, hintere Schiefendfläche $x = (101)$, unten links, und Pyramide $o = (111)$, unten rechts. Wie hier sind an jedem triflinen Kristalle alle Flächen und alle Kanten schief zueinander, rechte Winkel kommen nicht vor.

Beispiele: Albit, Arzinit, Kupfervitriol.

Zwillinge. Kristalle einer Substanz können in verschiedener Weise miteinander verwachsen, entweder so, daß die Flächen des einen Kristalls den entsprechenden Flächen des anderen parallel sind — Parallelverwachsung —, oder so, daß die Flächen des einen zu denen des anderen ganz unregelmäßig liegen — Kristallgruppe —, oder endlich so, daß sie eine Fläche gemeinschaftlich haben, die anderen nicht — Zwillingungsverwachsung. Ein Zwilling besteht demnach aus zwei oder mehr Einzelkristallen, die gesetzmäßig und nicht parallel verwachsen sind, und man unterscheidet Berührungs- und Durchkreuzungszwillinge, je nachdem die Einzelkristalle sich in einer Ebene berühren (Fig. 74) oder sich durchkreuzen (Fig. 75). Die Ebene, welche sie gemein-

schaftlich haben, nennt man Zwillingsebene (sie ist in den beiden Figuren eine Oktaederfläche, in Fig. 74 die Fläche rechts oben, in Fig. 75 die, welche die Ecke rechts unten abstumpfen würde); die Linie, die senkrecht zur Zwillingsebene gedacht werden kann, Zwillingssachse. Fast an allen Zwillingen treten einspringende Winkel auf. Zwillingsebene ist an regulären Kristallen am häufigsten eine Oktaederfläche (Fig. 74), an quadratischen Kristallen eine Pyramide zweiter Stellung (Fig. 99), an rhomboedrischen Kristallen die Basis (Fig. 109), an rhombischen Kristallen ein Prisma (Fig. 111), an monoklinen Kristallen die Quersfläche (Fig. 124), an triklinen Kristallen die Längsfläche (Fig. 122). Die Zwillingbildung kann sich nach derselben oder einer anderen Fläche wiederholen; durch vielfach wiederholte Zwillingbildung nach der Längsfläche entsteht die Streifung auf der Spaltungsfläche trikliner Feldspate.



Fig. 74. Berührungszwilling von zwei Oktaedern. Magnet Eisen.



Fig. 75. Durchkreuzungszwilling von zwei Würfeln ¹⁾. Flußpat.

Man kann die Gestalt eines Berührungszwillinges von der eines einfachen Kristalls ableiten, wenn man diesen parallel der Zwillingsebene in zwei Hälften geteilt und die eine Hälfte gegen die andere um die Zwillingssachse um 180° gedreht denkt. Holzmodelle sind zur Erläuterung der Zwi-

¹⁾ Die Kanten des einen Würfels sind ausgezogen, die des anderen gestrichelt.

lingsverwachsung parallel der Zwillingssebene durchsägt und gestatten durch Drehung der einen Hälfte gegen die andere, die Form des Zwillinges aus der des einfachen Kristalls herzustellen.

Ausbildung der Kristalle. Die Kristalle sind um so regelmäßiger gebildet, je ungestörter sie sich während ihres Wachstums entwickeln konnten; in der Regel sind aber doch gleichwertige Flächen ungleich groß, die Kristalle sind meist, wie man sagt, verzerrt, ihre Form kann oft sehr auffallend



Fig. 76.



Fig. 77.



Fig. 78.

Hexagonales Prisma mit Pyramide. Durch ungleiche Ausdehnung der gleichen gestreiften Flächen erscheinen die Kristalle in Fig. 77 und 78 verzerrt. Quarz.

von der idealen, in Zeichnung und Modell dargestellten Form abweichen. Die Fig. 76—78 stellen eine Form dar, die bei Quarz häufig ist, nämlich ein hexagonales Prisma mit Pyramide. Die Prismenflächen sind namentlich in Fig. 78 in Größe und Form sehr verschieden, sie sind aber doch alle einander gleichwertig, weil sie physikalisch gleich sind, denn alle sechs sind am Quarz deutlich horizontal gestreift; die Gleichheit der Kristallflächen liegt eben nicht, wie wir schon früher, S. 12, betont haben, in der äußeren Form, sondern in der physikalischen Beschaffenheit, und die drei Kristalle, obwohl äußerlich verschieden, sind doch, vom Standpunkt des Kristallographen betrachtet, einander gleich, es ist immer dieselbe Vereinigung von Prisma und Pyramide.

Die Verzerrung kommt dadurch zustande, daß den Kristallen während ihres Wachstums der Stoff nicht von allen Seiten gleichmäßig zugeführt wurde (S. 11). Die in einer Schale gewachsenen Maunoktaeder sind tafelig, weil ihre Flächen an den Seiten stärker gewachsen sind als oben. Durch die Verzerrung wird die Bestimmung der Kristalle häufig recht erschwert. Auch sonst weicht die Form der Kristalle oft von der idealen Form ab, die Flächen sind bisweilen merklich gekrümmt, wodurch die Form linsenförmig (Gips) oder gar kugelig wird (Diamant). Durch Aneinanderreihung kleiner, nicht parallel gestellter Kriställchen entstehen sattelförmige oder garbenförmige Kristalle. Manchmal ist die Ausbildung der Kristalle so abweichend von der gewohnten, daß man sie für etwas anderes als ein Kristallgebilde halten möchte; bei genauerem Zusehen aber findet man, daß auch in den Wachstumsformen eines Minerals Symmetrie herrscht. Das bekannteste Beispiel sind die Eisblumen am Fenster und die Schneesterne; ganz ähnliche Gebilde kommen auch unter den Mineralien vor. Baumförmige, moos-, draht-, haarförmige Kristallbildungen sind namentlich bei Gold, Silber, Kupfer und einzelnen anderen Mineralien gar nichts Seltenes; der Symmetrie entsprechend bilden die Ästchen und Zweige Winkel von 90° , 60° oder 30° miteinander. In anderen Fällen zeigen Kristalle wohl den Umriss der Form, ihr Inneres aber ist nicht ausgefüllt, es sind wahre Kristallskelette.

Abfiguren. Wie in den Wachstumsformen der Kristalle ihre Symmetrie zum Ausdruck kommt, so auch, und noch viel schärfer, in den Lösungsformen. Diese werden erhalten, wenn die Kristallflächen mit einem nicht zu heftig angreifenden Lösungsmittel behandelt werden; besonders charakteristisch sind kleine, oft mikroskopisch kleine Vertiefungen auf den Flächen, die wegen ihres Zustandekommens, durch Abzug der Fläche mit einem Lösungsmittel, Abfiguren

genannt werden. Die Erfahrung hat gelehrt, daß Form und Lage der Abfiguren immer der Symmetrie der Flächen entspricht, auf der sie liegen; aus diesem Grunde sind die Abfiguren das sicherste Mittel, die Symmetrie der Kristalle, Hemiedrie und Hemimorphie auch dann zu erkennen, wenn sie durch Zahl und Lage der Kristallflächen nicht zum Ausdruck kommt.

Bisweilen ist ein ganzer Kristall teilweiser Auflösung unterworfen gewesen, und Lösungsflächen haben sich an ihm gebildet; zum Unterschied gegen die ursprünglichen Flächen sind diese meist gerundet, und ihre Lage kann nicht durch so einfache Ableitungszahlen (S. 23) ausgedrückt werden wie die jener.

Vorkommen der Kristalle. Die Kristalle finden sich im Innern von Gesteinen — eingewachsen, oder auf den Wänden von Klüften und Hohlräumen — aufgewachsen; die eingewachsenen sind ringsum von Flächen begrenzt, während bei den aufgewachsenen an der Stelle, mit der sie festgewachsen sind oder waren, die Flächen fehlen. Viele auf einem Stück vereinigte Kristalle bilden eine Kristalldruse oder Stufe. Drusen, die in größeren Blasen der Gesteine die Wände der Hohlräume bekleiden, werden Geoden oder Hohlbrusen genannt. Geoden in großem Maßstab sind die Kristallkeller, Klüfte und Höhlen, deren Wände mit zahllosen, oft besonders großen Kristallen bekleidet sind. Bekannt sind solche Kristallkeller in den Alpen, wo sie besonders Bergkristall enthalten; die im Gipsgebirge enthalten Gipskristalle; im Kalkgebirge enthalten die Höhlen Kalkspat in Form von Tropfstein, es sind die bekannten Tropfsteinhöhlen, bewundert wegen der mannigfachen Form der von der Decke zum Boden strebenden Stalaktiten.

In den genannten Fällen sind die Kristalle da, wo sie sich finden, entstanden; man sagt, sie befänden sich auf ur-

sprünglicher Lagerstätte oder auf und in ihrem Muttergestein. Wenn dieses durch die Verwitterung zerstört wird und zu Schutt zerfällt, wird es vom Wasser fortgeschwemmt und bildet das Geschiebe und Gerölle der Bäche und Flüsse; von den mitgerissenen, meist abgerollten Mineralien sagt man nun, sie befänden sich auf sekundärer Lagerstätte. Enthält eine Ablagerung von Geschieben nutzbare Mineralien, so nennt man sie eine Seife und spricht so von Gold-, Platin-, Edelsteinseifen, je nachdem aus den Geschiebeablagerungen Gold, Platin oder Edelsteine gewonnen werden.

Einschlüsse. Eine gar nicht seltene Erscheinung ist es, daß in einem Kristall fremde Körper eingeschlossen sind, die man natürlich um so besser wahrnimmt, je klarer der Kristall und je größer die Einschlüsse sind. Besonders häufig sind Einschlüsse in Bergkristall, namentlich fallen grüne Nadeln von Strahlstein auf, die wie Gras aussehen und die Meinung, Bergkristall sei eine Art Eis, nur bestärken mußten. Außer Mineralien findet man auch Flüssigkeiten als Einschluß in Kristallen, unter denen flüssige Kohlensäure besonders interessant ist; in Steinsalz ist häufig Mutterlauge eingeschlossen, in Bergkristall auch Chlornatriumlösung. Die Flüssigkeitseinschlüsse sind an einem beweglichen Bläschen (Libelle) leicht zu erkennen. In den aus Lava fest gewordenen Mineralien sind Einschlüsse von Glas oder Schlacke besonders häufig.

Sehr feine und massenhafte Einschlüsse rufen in manchen Mineralien besondere Licht- und Farbenercheinungen hervor, so den Schimmer im Katzenauge und die lebhaften Farben des Labradorfeldspats. Die baum- und moosartigen Zeichnungen, die im Achat (Moosachat) öfters zu sehen sind und wohl für pflanzliche Gebilde gehalten wurden, sind feine Mineralteilchen, die von durchgefickertem Wasser zurückgelassen sind.

Aggregat nennt man die Häufung von vielen dicht aneinander gedrängten Kristallindividuen, die keine Kristallflächen besitzen, weil der Raum und Ort der Entstehung die Ausbildung zu Kristallen hinderte. Ein solches Aggregat ist z. B. der weiße Marmor, der aus dichtgedrängten Körnern von Kalkspat besteht. Die Aggregate nennt man je nach der Beschaffenheit der einzelnen Individuen körnig (grob-, mittel-, feinkörnig, dicht), faserig (parallel- und radialfaserig), stenglig, schuppig, schalig ufw. Überhaupt nennt man kristallisierte Massen ohne Kristallflächen *derb*, ihre Aggregate *derbe* Aggregate. Eine besondere Art der Aggregate heißt *Glaskopf*; es sind radialsfaserige Aggregate mit runderlicher, nierenförmiger, meist glänzender Oberfläche; besonders gebräuchlich ist der Name für so beschaffenen Rot- und Brauneisenstein.

Gestaltlos (*amorph*) nennt man diejenigen Mineralien, die nicht kristallisiert sind; sie sind niemals von ebenen Flächen begrenzt, aber auch niemals körnig oder faserig, sondern durch ihre ganze Masse hindurch vollkommen gleichmäßig beschaffen; niemals lassen sie auch nur eine Spur von Spaltbarkeit erkennen, vielmehr ist der Zusammenhang in allen Richtungen gleich. Die natürliche freie Oberfläche ist wie eine getropfte Masse kugelig gerundet. Der bekannteste amorphe Körper ist das Glas, das aber kein Mineral ist. Unter den amorphen Mineralien ist *Opal* am häufigsten. Nicht zu verwechseln mit einem amorphen Mineral ist ein dichtes, denn dieses besteht immer aus kleinen Körnchen, die allerdings manchmal mikroskopisch klein werden; so ist z. B. dichter Kalkstein nicht *amorph*, sondern feinkörnig, denn er besteht aus lauter kleinen Körnchen von Kalkspat, die dieselben Eigenschaften wie Kalkspat besitzen; auch gibt es alle Übergänge von feinkörnigem zu grobkörnigem Kalkstein, in dem die einzelnen Körner mit bloßem Auge zu unterscheiden sind.

Wenn wir einen Kristall nach seinen physikalischen Eigenschaften als einen Körper bezeichnen können, in dem Richtungsunterschiede herrschen, und der eben deswegen beim Wachsen regelmäßige Form annimmt, können wir einen amorphen Körper als einen richtungslosen bezeichnen, in dem keine Richtung vor einer anderen bevorzugt ist.

II. Die physikalischen Eigenschaften der Mineralien.

Härte. Unter Härte versteht man den Widerstand, den ein Körper dem Ritzen entgegensetzt. Von zwei Körpern ist der der härtere, der den anderen ritzt. Versucht man mit einem harten Gegenstand, z. B. einem Messer, verschiedene Mineralien zu ritzen, so wird man finden, daß die Spitze in manche leicht, in andere schwer und in wieder andere gar nicht eindringt, daß also die Mineralien verschieden hart sind. Um den Grad der Härte ungefähr angeben zu können, hat man folgende Reihe von Mineralien — die Härteskala — zusammengestellt, von denen das folgende immer härter ist als das vorhergehende: 1. Talk, 2. Steinsalz, 3. Kalkspat, 4. Flußspat, 5. Apatit, 6. Feldspat, 7. Quarz, 8. Topas, 9. Korund, 10. Diamant.

Hiermit kann man die Härte eines Minerals leicht bestimmen: gleichharte Mineralien ritzen sich gegenseitig nicht oder nur wenig, ein härteres ritzt immer das weichere. Ein Mineral hat entweder dieselbe Härte wie ein Glied der Skala (z. B. Granat $H = 7$), oder es ist weicher als das eine und härter als das andere (z. B. Bleiglanz $H = 2\frac{1}{2}$). Mineralien bis Härte 2 werden vom Fingernagel leicht geritzt und fühlen sich fettig an (besonders 1); statt Apatit kann man Fensterglas nehmen, das auch Härte 5 hat. Mineralien, deren Härte

unter 6 ist, werden vom Messer geritzt, härtere geben am Stahl Feuer. Härte 8—10 ist Edelsteinhärte.

Ein jeder, der Mineralien bestimmen will, sollte eine Härteskala sich anlegen; Diamant und Korund sind entbehrlich, die anderen Glieder sind alle leicht zu beschaffen.

Die sichere Bestimmung der Härte wird oft dadurch erschwert, daß bei demselben Mineral die Härte nach verschiedenen Richtungen verschieden ist; sie ist bei Kalkspat in der Richtung von der stumpfen Ecke zu einer Seitenecke größer als auf derselben Linie in entgegengesetzter Richtung. Solche Härteunterschiede treten bei leicht spaltbaren Mineralien auf.

Spaltbarkeit. Viele Mineralien lassen sich nach einer oder mehreren Richtungen leichter trennen als nach anderen; man nennt diese Eigenschaft *Spaltbarkeit*, die *Trennungsfläche*, die immer einer möglichen Kristallfläche parallel geht, *Spaltfläche*, ein nur von Spaltflächen begrenztes Stück *Spaltungsstück*. Die Spaltflächen können mit sehr verschiedener Leichtigkeit hervorgerufen werden und gehen bald nur einer, bald mehreren Richtungen parallel. Vollkommene Spaltbarkeit nach nur einer Richtung besitzt Glimmer; die dünnsten Blättchen lassen sich davon abspalten. Steinsalz und Kalkspat spalten so deutlich nach drei Richtungen, daß sie beim Zerschlagen immer in Spaltungsstücke zerspringen, Steinsalz in kleine Würfelchen, Kalkspat in Rhomboeder. Auch Flußspat und Zinkblende besitzen noch ziemlich deutliche Spaltbarkeit, jener nach den vier Richtungen des Oktaeders, diese nach den sechs Richtungen des Rhombendodekaeders. Ungleiche Spaltbarkeit nach verschiedenen Richtungen beobachtet man an Gips; nach einer Richtung besitzt er vollkommene Spaltbarkeit, nach zwei anderen Richtungen weniger vollkommene, und die eine von diesen Spaltflächen ist faserig, die andere ist mit kleinen flachmuschligen Vertiefungen bedeckt. Andere Mineralien

haben weniger deutliche Spaltbarkeit; manche, wie Quarz, lassen überhaupt kaum Spuren erkennen. Die Spaltbarkeit beobachtet man am besten an Bruchstellen; an ganzen Kristallen ist sie manchmal durch Risse angedeutet.

Die Spaltbarkeit steht immer mit der Symmetrie in enger Beziehung: reguläre Kristalle spalten nach drei (Würfel, Steinsalz), vier (Oktaeder, Flußspat) oder sechs gleichen Richtungen (Dodekaeder, Zinkblende), aber nie nach nur einer Richtung, quadratische nach zwei gleichen (Prisma, Rutil) oder einer Richtung (Basis, Apophyllit), triline nie nach zwei Richtungen mit gleicher Vollkommenheit.

Das Vorhandensein oder Fehlen von Spaltbarkeit ist immer wichtig zur Bestimmung von Mineralien.

Feinbau der Kristalle. Die an Kalkspat beobachtete Spaltbarkeit nach den drei Flächen eines Rhomboeders hatten den französischen Kristallographen Hauy zu der Anschauung geführt, daß die kleinsten Teilchen, aus denen Kalkspat aufgebaut ist, solche rhomboedrische Form haben und daß alle anderen einfachen Formen, die an Kalkspat auftreten, aus solchen Rhomboederchen durch regelmäßige Abnahme von Ebene zu Ebene abgeleitet werden können. Durch Anwendung auf die anderen spaltbaren Mineralien gelang es ihm, für jedes einzelne die gesamte Formenreihe abzuleiten. Diese Anschauung setzt lückenlose Raumerfüllung voraus, was mit physikalischem Verhalten unvereinbar ist. Dieses lehrt, daß die physikalischen Eigenschaften um einen Punkt die gleichen sind wie um jeden beliebigen anderen, und führt zu der Annahme, daß auch die Anordnung der kleinsten Teilchen um einen Punkt die gleiche ist wie um jeden beliebigen anderen, daß die kleinsten Teilchen ein regelmäßiges Punktsystem bilden, das aus mehreren ineinander gestellten Raumgittern bestehen kann. Wie ein feines in Glas eingegrabtes Gitter das Licht zur Interferenz bringt, so wirkt ein

Kristall den Röntgenstrahlen gegenüber wie ein Gitter und bringt diese zur Interferenz. Auf einer photographischen Platte erzeugen die durch einen Kristall gerichteten Röntgenstrahlen nach dem Verfahren von Laue ein regelmäßiges Punktsystem, dessen Symmetrie der des Kristalls entspricht. Man kann sogar weiter schließen, daß die Punkte des regelmäßigen Punktsystemes mit den Atomen der Verbindung besetzt seien, in Steinsalz (NaCl) mit Na- und Cl-Atomen (Ionen), Kupfervitriol mit Cu—SO₄- und H₂O. Wie Kupfervitriol in wässriger Lösung in Kupfer- und Säureionen gespalten ist, so auch im Kristall, und es verdankt seine blaue Farbe den Kupferionen.

Bruch. Beim Zerschlagen von Mineralien, besonders von schwer oder nicht spaltbaren, entstehen oft unregelmäßige Bruchflächen, deren Beschaffenheit charakteristisch ist und je nach dem Aussehen als muschliger, unebener, ebener, splittiger, hakiger, -erdiger Bruch bezeichnet wird. Beispiele dafür sind (in derselben Reihenfolge): Feuerstein, Schwefelkies, Jaspis, Hornstein, Silber, Kreide.

Die Mineralien zeigen bei dem Versuch, sie zu zerschlagen, zu ritzen, zu schneiden oder zu biegen, ein verschiedenartiges Verhalten, das zu beachten ist. Spröde nennt man Mineralien, wenn das beim Ritzen entstehende Pulver fortspringt; sie lassen sich leicht pulverisieren (Diamant, Quarz); mild, wenn das Pulver längs des Ritzes liegenbleibt (Spedstein); geschmeidig, wenn beim Ritzen sich kein Pulver bildet; dehnbar oder duktil, wenn sie sich zu dünnen Blättchen aushämmern lassen; dehnbare Körper können nicht pulverisiert werden (Gold, Silber). Gemein biegsam heißen biegsame Mineralien, deren Blättchen, einmal umgebogen, gebogen bleiben (Chlotit); elastisch biegsam die, deren umgebogene Blättchen nach Aufhören des Druckes in ihre frühere Lage zurückschnellen (Glimmer).

Der **Glanz** der Mineralien ist der Art und dem Grad nach verschieden; zur Bezeichnung der Art des Glanzes vergleicht man ihn mit dem Glanz bekannter Körper: Metallglanz ist verbunden mit Undurchsichtigkeit (Bleiglanz, Schwefelkies); die durchsichtigen oder durchscheinenden haben Glasglanz (Bergkristall), Diamantglanz (Diamant), Perlmutterglanz (Glimmer), Seidenglanz (fasriger Gips), Fettglanz (Gläolith). Dem Grade nach wird wohl unterschieden: stark glänzend, glänzend, schimmernd, matt.

Die **Durchsichtigkeit** ist in allen Graden vertreten: vollkommen durchsichtig ist z. B. Bergkristall, Diamant; andere sind trüb durchsichtig (Schwerspat), durchscheinend oder nur kantendurchscheinend, d. h. in dünnen Splittern durchscheinend (Feuerstein), viele andere sind undurchsichtig (Bleiglanz). Manche durchsichtige Mineralien lassen beim Hindurchblicken gegen einen benachbarten Gegenstand (z. B. eine feine Nadelspitze, einen Strich, die Schrift) diesen doppelt erscheinen; am besten zeigt dies klarer Kalkspat, der sogenannte Doppelspat. Man nennt die Erscheinung **Doppelbrechung**, im Gegensatz zur einfachen Brechung, die das Licht in andern Körpern, z. B. in Glas oder Steinsalz, erfährt. Alle Kristalle mit Ausnahme der regulären besitzen die Eigenschaft, das Licht doppelt zu brechen, man kann sie aber ohne besondere Instrumente, sogenannte Polarisationsapparate, in der Regel nicht wahrnehmen. Wir können daher auf diese Eigenschaft, so wichtig sie auch ist, hier nicht näher eingehen¹⁾.

Die **Farben**, welche die Mineralien bei Tageslicht zeigen, sind entweder ihrer Substanz eigentümlich oder nicht; im ersten Fall nennt man die Mineralien eigenfarbig oder farbig, im andern Fall fremdsfarbig oder gefärbt. Die

¹⁾ Das Verhalten der Kristalle gegen das Licht und damit ihre Doppelbrechung wird ausführlicher in dem Bändchen „Kristallographie“ dieser Sammlung behandelt und für sich in dem Bändchen „Einführung in die Kristallografie“.

Farbe der ersteren ist mit Undurchsichtigkeit verbunden und metallisch: weiß (Silber), grau (Bleiglanz), gelb (Gold), rot (Kupfer); oder sie ist mit Durchsichtigkeit verbunden und nicht metallisch: gelb (Schwefel), rot (Zinnober), grün (Malachit), blau (Kupferlasur). Vielfach wird die Farbe mit der anderer Körper verglichen, z. B. grasgrün, smaragdgrün, zeisiggrün. Zur genaueren Bestimmung benutzt man eine möglichst umfangreiche Farbenskala.

Für die gefärbten Mineralien ist die Farbe meist unwesentlich, was besonders daraus hervorgeht, daß dasselbe Mineral, z. B. Flußpat, farblos und in allen Farben vorkommt, oft sogar an demselben Kristall der Kern eine andere Farbe besitzt als die Hülle. Die Färbung kann durch sichtbare feine Einschlüsse bewirkt werden (rotes Steinsalz) oder durch chemische Beimischung (Rubin) oder durch Zustandsänderung infolge von Radiumbestrahlung (Zirkon); in sehr vielen Fällen ist die Ursache der Färbung nicht bekannt (blaues Steinsalz, Flußpat).

Strich. Wird mit einem farbigen Mineral über eine raue Fläche, am besten über rauhes weißes Porzellan (sog. Biskuit), unter nicht zu gelindem Druck hingestrichen, so hinterläßt es einen farbigen Strich, dessen Farbe häufig zur Bestimmung der Mineralien dient; meist ist die Farbe des Strichs heller als die des Minerals, manchmal überhaupt anders; so gibt schwarzer Eisenglanz roten, gelber Schwefelkies schwarzen Strich; die gefärbten Mineralien geben fast alle weißen Strich.

Dichroismus. Manche durchsichtige Kristalle erscheinen nach verschiedenen Richtungen verschieden gefärbt; man nennt diese Erscheinung Dichroismus (Zweifarbigkeit), oder, wenn man mehr als zwei Farben wahrnimmt, Pleochroismus. Wenn man z. B. durch grünen Turmalin senkrecht zu seinen Prismenflächen hindurchsieht, erscheint er

grün, sieht man aber parallel mit ihnen, so erscheint er schwarz und undurchsichtig; das Mineral Cordierit erscheint in einer gewissen Richtung dunkelblau, in einer andern hellblau, in einer dritten gelb; wegen des deutlichen Dichroismus heißt es auch Dichroit. Die Erscheinung zeigen viele gefärbte doppelbrechende Kristalle, sie ist in der Regel aber nur mit Hilfe eines besonderen Instrumentes, der dichroskopischen Lupe wahrzunehmen, die aus einem in eine Röhre gefaßten Spaltungsstück von Doppelspat besteht, mit einer Lupe an dem einen, einem viereckigen Ausschnitt an dem anderen Ende. Wegen der Doppelbrechung des Kalkspats sieht man den Ausschnitt doppelt, und hält man einen dichroitischen Kristall davor, so erscheinen beide Bilder in verschiedener Farbe. Reguläre Kristalle und amorphe Mineralien zeigen die Erscheinung nie.

Fluoreszenz. Nicht zu verwechseln damit ist die Fluoreszenz; die Farbe eines fluoreszierenden Körpers erscheint anders, wenn man durch ihn hindurchsieht (also im durchfallenden Licht), als wenn man auf ihn hinsieht (in dem aus seinem Innern zurückgeworfenen Licht). An Flußspat, Bernstein, Petroleum kann man diese Erscheinung manchmal beobachten.

Spezifisches Gewicht. Zur Bestimmung und Beschreibung der Mineralien wird ihr spezifisches Gewicht mit großem Vorteil verwertet, weil es für ein Mineral immer einen bestimmten Wert hat und verhältnismäßig leicht ermittelt werden kann. Das spezifische Gewicht eines Körpers gibt an, wievielmals dieser schwerer ist als ein gleichgroßes Volumen Wasser. Da man einem Kristall nicht jedes beliebige Volumen geben kann, muß man sein Volumen bestimmen. Diese Bestimmung begründet sich darauf, daß ein Körper in Wasser getaucht ein seinem Volumen gleiches Volumen Wasser verdrängt, oder daß er in Wasser getaucht

so viel an Gewicht verliert, als das Volumen Wasser, welches er verdrängt, wiegt. Hiernach hat man zwei Methoden, das spezifische Gewicht eines Körpers zu bestimmen: entweder mißt oder wiegt man das Volumen des verdrängten Wassers (hierzu gehört ein Pyknometer und eine Wage), oder man ermittelt den Gewichtsverlust, den der Kristall im Wasser erleidet) hierzu dient die hydrostatische Wage). Hieraus und aus dem absoluten Gewicht des Körpers findet man sein spezifisches Gewicht, indem man das absolute Gewicht durch den Gewichtsverlust dividiert.

Wiegt z. B. ein Stück Bergkristall in Luft 3,84 g, in Wasser 2,39 g, so beträgt der Gewichtsverlust 1,45 g, und das spezifische Gewicht ist $\frac{3,84}{1,45} = 2,65$.

Zur Bestimmung des spezifischen Gewichtes bedient man sich zweckmäßig der einarmigen Westphalschen Wage¹⁾.

Indirekt kann das spezifische Gewicht vieler Mineralien mit Hilfe von schweren Flüssigkeiten bestimmt werden; es ist hierzu notwendig, daß das spezifische Gewicht des Minerals geringer ist als das der Flüssigkeit. Die Flüssigkeit wird durch Zusatz einer leichteren so weit verdünnt, daß das Mineral gerade schwebt; Flüssigkeit und Mineral haben alsdann genau das gleiche spezifische Gewicht. Mit Hilfe einer Westphalschen Wage kann das spezifische Gewicht der Flüssigkeit leicht bestimmt werden, und damit ist auch das des Minerals bekannt. Als Flüssigkeit benutzt man Methylenjodid, dessen spezifisches Gewicht 3,3 beträgt und das mit Benzol verdünnt wird, oder Bromoform, das ein spezifisches Gewicht von 2,9 besitzt und mit Alkohol verdünnt werden kann.

¹⁾ Hat man keine feine Wage zur Verfügung, so kann man eine leichte Wage mit Hornschalen, wie sie die Apotheker haben, ganz gut zur Bestimmung des spezifischen Gewichtes von Mineralien benutzen, indem man an die eine Schale das Mineral mit einem langen Frauenhaar aufhängt und es erst in Luft, dann in Wasser eingetaucht wiegt.

Auf diese Weise kann das spezifische Gewicht von kleinen Mineral splitter schnell und genau ermittelt, auch können Mineralien von verschiedenem spezifischen Gewicht durch solche Flüssigkeiten getrennt werden.

Das spezifische Gewicht (abgekürzt G.) der nichtmetallischen Mineralien liegt zwischen 2 und 5, bei den meisten unter 3, das der meisten metallischen zwischen 4 und 8, das der gediegenen Metalle zwischen 8 und 23. Einschlüsse und beginnende Verwitterung ändern den Wert des spezifischen Gewichts. So ist für klaren Quarz (Bergkristall) $G. = 2,65$, für trüben, oft Einschlüsse enthaltenden Quarz $G. = 2,5-2,8$.

III. Die chemischen Eigenschaften der Mineralien.

Ein Mineral besteht entweder nur aus einem einzigen Element, man sagt dann, das Element komme im gediegenen Zustand vor (Gold, Schwefel), oder aus mehreren Elementen (Schwefelkies aus Schwefel und Eisen), die nach bestimmten Gesetzen, welche die Chemie uns lehrt, zu chemischen Verbindungen vereinigt sind.

Formel. Diese Gesetze gestatten uns, die Zusammensetzung der Mineralien, wie überhaupt der chemischen Verbindungen, durch eine einfache Formel auszudrücken, die nicht nur angibt, welche Elemente in dem Mineral enthalten sind, sondern auch in welchem Verhältnis sie an der Zusammensetzung teilnehmen. Um eine kurze Formel zu erhalten, schreibt man die Namen der Elemente in der Formel nicht aus, sondern setzt nur den Anfangsbuchstaben ihres lateinischen Namens; zugleich drückt dieses Zeichen noch etwas anderes aus, nämlich das Gewicht, mit dem das kleinste Teilchen (ein Atom) des Elements in Verbindungen eintritt;

dieses Gewicht (das Verbindungsgewicht oder Atomgewicht) ist nicht beliebig, sondern hat für jedes Element einen bestimmten Wert, den man in jedem Lehrbuch der Chemie angegeben findet.

Durch diese Zeichen wird in der angedeuteten Weise die Zusammensetzung der Verbindungen ausgedrückt. So bedeutet die Formel für Steinsalz NaCl : die Verbindung besteht aus einem Atom Natrium und einem Atom Chlor, oder 23,0 Gewichtsteile Natrium sind mit 35,46 Gewichtsteilen Chlor verbunden. Die Formel für Schwefelkies FeS_2 drückt aus: die Verbindung besteht aus einem Atom Fe und zwei Atomen S, d. h. 55,84 Gewichtsteile Eisen sind mit $2 \times 32,07 = 64,14$ Gewichtsteilen Schwefel verbunden.

Um die Formel für eine Verbindung aufstellen zu können, hat man zu bestimmen, welche Gewichtsmenge von jedem einzelnen Element in einer bestimmten Gewichtsmenge (in 100 Gewichtsteilen) der Verbindung enthalten ist. Diese Zahlen dividiert durch die Verbindungsgewichte der Elemente geben an, in welchem Verhältnis diese in der Verbindung vereinigt sind; die Aneinanderreihung der einfachsten Verhältniszahlen und der Zeichen für die Elemente stellt die Formel dar.

Die Bestimmung habe z. B. für Kupferkies ergeben, daß er aus 34,57% Cu, 30,54% Fe und 34,89% S besteht. Zur Berechnung der Formel ist jeder Wert durch das Verbindungsgewicht des betreffenden Elements zu dividieren; also: $34,57 : 63,57$; $30,54 : 55,84$; $34,89 : 32,07$; dies ergibt 0,54; 0,54; 1,08 oder 1; 1; 2. Die Formel für Kupferkies ist demnach (indem 1 immer fortgelassen wird) CuFeS_2 .

Bestimmung der Bestandteile. Die chemische Zusammensetzung eines Minerals wird durch Analyse ermittelt, und zwar werden durch die qualitative Analyse die Elemente bestimmt, die im Mineral enthalten sind, während durch

die quantitative Analyse das Mengenverhältniß dieser Elemente festgestellt wird. Mit den Bestimmungsmethoden macht uns die analytische Chemie bekannt, wir können hier nicht darauf eingehen. Diese Methoden müssen immer dann zur Anwendung kommen, wenn die Zusammensetzung eines bis dahin unbekanntes Minerals ermittelt werden soll. Soll dagegen ein Mineral bestimmt werden, das einer schon bekannten Art angehört, so ist nur selten nötig, es einer qualitativen und quantitativen Analyse zu unterwerfen. Die meisten Mineralien lassen sich nach ihren äußeren Eigenschaften, wie Härte, Farbe, Glanz, Strich, Spaltbarkeit, so weit bestimmen, daß nur noch zwischen wenigen ähnlich aussehenden die Wahl bleibt; die Entscheidung geben alsdann einige einfache Versuche. Man versucht, ob das Mineral in Wasser löslich ist, ob es von Säuren zersetzt wird, ob es hierbei Gas entwickelt und aufbraust, ob dünne Splitter sich schmelzen lassen, ob sie leicht oder schwer schmelzen, ob ein Körnchen, das in einem unten zugeschmolzenen Glasröhrchen erhitzt wird, Wasser verliert, oder ob es hierbei seine Farbe verändert usw. Viele andere einfache Versuche lassen sich mit Hilfe eines Lötrohres anstellen.

Das Lötrohr besteht in seiner einfachsten Gestalt aus einer Röhre von Messing, die an dem einen Ende mit einer weiten Öffnung, an dem andern Ende mit einer sehr feinen Spitze versehen und nahe dem spitzen Ende in rechtem Winkel umgebogen ist. Es wird gebraucht, um die Temperatur der Flamme (einer dicken Stearinkerze, kleinen Öllampe oder Gasflamme) zu erhöhen und die Flamme auf die Probe hinzulenken. Zu diesem Zweck bläst man durch das Rohr hindurch Luft in die Flamme. Hält man die Spitze des Rohres in die Flamme, so wird mit der Luft viel Sauerstoff zugeblasen und die Probe hierdurch oxydiert (Oxydationsflamme); hält man die Spitze gerade vor die Flamme,

so entziehen die glühenden Kohleteilchen der Probe Stoffe, und die Probe wird reduziert (Reduktionsflamme).

Untersuchung auf Kohle. Von dem Mineral wird ein möglichst kleiner Splitter abgesprengt und dieser entweder für sich allein, oder zerkleinert mit getrockneter Soda gemengt, auf Holzkohle geschmolzen. Damit nichts fortfliegt, macht man in der Kohle eine kleine Vertiefung und bringt die Substanz mit Soda dahinein.

Durch Erhitzen für sich allein oder Schmelzen mit Soda sind viele Stoffe zu erkennen:

1. An dem Rauch, den sie entwickeln.

Arfen (Arfenkies) gibt einen Rauch, der knoblauchartigen Geruch hat. Antimon (Antimonglanz) gibt starken, weißen Rauch, Schwefel (Schwefelkies) stechend riechenden Dampf.

2. An dem Beschlag, den sie auf der Kohle rings um die Probe bilden.

Der Beschlag von Antimon ist weiß, dick; von Arfen weiß, dünn; von Blei (Bleiglanz) gelb; von Wismut dunkelgelb; von Zink (Zinkspat) in der Hitze gelb, erkaltet weiß.

3. An dem Metallkorn, das nach dem Schmelzen mit Soda auf oder in der Kohle zurückbleibt.

Silbererze (Silberglanz) geben weißes, Bleierze (Bleiglanz) graues, Kupfererze (Kupferglanz) rotes, geschmeidiges Metallkorn. Das geglühte Korn von Eisenerzen wird vom Magneten angezogen.

4. Der Schwefel geht aus den Erzen und schwefel-sauren Salzen in die Sodaschmelze. Legt man diese auf eine Silbermünze und befeuchtet mit einem Tropfen Wasser, so bildet sich auf der Münze ein schwarzer Fleck von Schwefelsilber, wenn das Mineral Schwefel enthielt. Man nennt diese Reaktion die Heparreaktion.

Untersuchung in der Boraxperle. Viele Metalle werden an der Färbung erkannt, die sie der Boraxperle erteilen, wenn sie damit zusammengeschmolzen werden. In

das Ohr eines dünnen Platindrahtes bringt man Boraxpulver, schmilzt dieses an einer nicht leuchtenden Spiritus- oder Gasflamme zu einer klaren Perle und schmilzt dann mit dieser Perle das Mineralpulver zusammen. In Ermanglung von Platindraht kann man einen kleinen Tropf oder dünnen Stift gebrannter Magnesia benutzen.

Die Perle (Schmelze) wird gelb durch Eisen (Brauneisenstein), grün durch Chrom (Chromeisenstein), blau durch Kobalt (Speiskobalt), violett durch Mangan (Braunstein).

Flammenfärbung. Viele andere Stoffe können an der Flammenfärbung erkannt werden, die austritt, wenn das Mineral, mit Salzsäure befeuchtet, an einem dünnen Platindraht oder Magnesiastift in einer nicht leuchtenden Flamme einer Spiritus- oder Gaslampe geblüht wird.

Es färben die Flamme: gelb Natrium (Kochsalz), violett Kalium (Schwefel), gelbroth Kalzium (Kalkspat), purpurrot Strontium (Strontianit), karminrot Lithium (Lithionglimmer), gelbgrün Barium (Witherit), grün Kupferoxyd (Malachit ohne Salzsäure), blau Kupferchlorid (Atacamit).

Verhalten gegen Salzsäure. Viele Mineralien können an ihrem Verhalten gegen Salzsäure erkannt werden, wenn man sie fein gepulvert in einem Glasröhrchen mit Salzsäure übergießt und ein wenig erwärmt. Manche lösen sich vollständig auf (Brauneisenstein), andere hinterlassen einen Rückstand, so besonders die kiesel-sauren Salze, bei deren Zersetzung sich die Kieselsäure oft gallertartig abscheidet (Nephelin, Natrolith). Sehr viele andere Mineralien lösen sich in Salzsäure unter Entwicklung eines Gases und deshalb unter Aufbrausen auf; so entweicht aus kohlen-sauren Salzen (Kalkspat) geruchlose Kohlen-säure, aus Schwefel-metallen (Antimon-glanz, Magnetkies) übelriechender Schwefelwasserstoff, aus Salzsäure und Manganerzen (Pyrolusit) stechend riechendes, grünliches Chlorgas.

Dimorphie. Bisweilen findet man, daß dieselbe chemische Verbindung oder auch dasselbe Element in verschiedener Form und mit verschiedenen physikalischen Eigenschaften kristallisiert; man nennt diese Erscheinung Dimorphie, eine solche Substanz dimorph. Das bekannteste Beispiel unter den Mineralien ist wohl der kohlensaure Kalk (CaCO_3), der hexagonal-rhomboedrisch kristallisiert und dann Kalkspat heißt, der aber auch rhombisch kristallisiert und dann Aragonit genannt wird; während Kalkspat sehr leicht nach den Rhomboederflächen spaltet, besitzt Aragonit keine deutliche Spaltbarkeit. Kohlenstoff ist regulär, durchsichtig, hart als Diamant, monoklin, undurchsichtig, weich als Graphit. Hier sieht man besonders deutlich, daß die Verschiedenheit sich nicht allein auf die Form, sondern auch auf die physikalischen Eigenschaften erstreckt. Bisweilen kann eine Substanz nicht nur in zwei, sondern in mehreren verschiedenen Formen (die man auch als ihre verschiedenen Modifikationen bezeichnet) vorkommen, die Erscheinung wird dann wohl auch Polymorphie genannt.

Kommen die verschiedenen Modifikationen einer dimorphen Substanz in der Natur als Mineralien vor, so bekommt jede einen besonderen Namen, z. B. Kohlenstoff C regulär: Diamant, monoklin: Graphit; Schwefeleisen FeS_2 regulär: Schwefelkies, rhombisch: Markasit; kohlensaurer Kalk CaCO_3 hexagonal: Kalkspat, rhombisch: Aragonit; Titansäure TiO_2 zwei quadratische Modifikationen: Rutil und Anatas, eine rhombische: Brookit.

Kommt aber nur eine Modifikation in der Natur vor, und ist die andere nur künstlich darzustellen, so pflegt man sie nicht durch besonderen Namen zu unterscheiden. Der natürliche Schwefel ist z. B. rhombisch, der aus Schmelzfluß erstarrte monoklin; in der Natur findet sich nur rhombischer Schwefel, und alle Modifikationen heißen Schwefel.

Unter **Isomorphie** dagegen versteht man die Erscheinung, daß verschiedene Mineralien eine analoge chemische Zusammensetzung und zugleich ähnliche Kristallform besitzen. Z. B. sind Manganspat $MnCO_3$ und Eisenspat $FeCO_3$ isomorph, da sie analoge Zusammensetzung haben und beide in ähnlichen Formen kristallisieren. Isomorphe Substanzen besitzen die weitere Eigentümlichkeit, daß sie gleichzeitig an der Zusammensetzung eines Kristalles teilnehmen können, so daß die eine Substanz eine entsprechende Menge der andern vertritt; in Eisenspat z. B. wird ein Teil des Eisens oft durch Mangan vertreten; derartige isomorphe Mischungen sind unter den Mineralien außerordentlich häufig. Seltener findet man in der Natur isomorphe Fortwachsungen, die dadurch entstehen, daß eine Substanz über den Kristallen einer andern mit ihr isomorphen Substanz weiter wächst; künstlich kann man sie mit Alaun erzielen, indem man z. B. farblosen Kalialaun über violetten Chromalaun kristallisieren läßt. Die Mineralien, die miteinander isomorph sind, bilden eine isomorphe Reihe; enthalten zwei solcher Reihen ein Mineral, dessen Substanz dimorph ist, so nennt man sie isodimorphe Reihen (vgl. die Bemerkungen zur Kalkspat- und Aragonitgruppe S. 115).

Entstehung der Mineralien. Die Mineralien, die wir gern für ewig und unveränderlich halten, sind vergänglich wie Tier und Pflanze, sie sind einstmals entstanden und gewachsen, altern später, verwittern und vergehen, und aus ihrer Substanz gehen neue Generationen, neue Mineralien hervor. Die Mineralien bilden sich auf verschiedenem Wege, den wir nur selten ganz verfolgen können. Viele sind aus einem Schmelzfluß fest geworden, einige aus Dämpfen niedergeschlagen, die meisten sind aus wäßrigen Lösungen abgesetzt. In den Lavaströmen, die in glühendflüssigem Zustand aus den Vulkanen hervorbrechen, bilden sich vielerlei

Mineralien (Feldspat, Leuzit, Augit, Olivin, Magneteisen u. a.), die Dämpfe, welche bei vulkanischen Ausbrüchen der Tiefe entströmen, scheiden an der Oberfläche feste Produkte ab (Schwefel, Steinsalz, Eisenglanz), und das überall auf der Erde verbreitete Wasser vermag Substanzen zu lösen und an andern Orten wieder abzusetzen. Die größte Lösung auf der Erde ist das Meer, das namentlich Chlornatrium, aber auch viele andere Bestandteile gelöst enthält; aus ihm haben sich die mächtigen Lager von Steinsalz mit Anhydrit und Gips und den leicht löslichen Kalisalzen gebildet, indem unter günstigen geologischen Bedingungen (Abtrennung des Meeresbeckens vom offenen Ozean und trockenes, warmes Klima) das Wasser verdunstete und die gelösten Stoffe sich nach ihrem Mengenverhältnis und ihrer Löslichkeit abgeschieden haben. In der festen Erdkruste bewegt sich auf Spalten und Klüften Wasser, das Mineralstoffe mancherlei Art gelöst enthält, die wir in den Quellen, dem Bitterwasser, dem Schwefel- und Eisenwasser und anderen antreffen. Die Stoffe werden wieder abgesetzt, indem entweder das Wasser, das sie gelöst enthielt, verdunstet, so sind z. B. die Gipskristalle in den Gipshöhlen entstanden, oder indem in den vielverzweigten Klüften Gewässer mit verschiedenartigen Bestandteilen zusammentreffen, aus denen neue schwer lösliche Verbindungen sich bilden. So kann unlöslicher Schwerspat (BaSO_4) sich bilden, wenn ein Wasser, das etwa kohlen-saures Barium oder Chlorbarium enthält, mit einem andern, das Gips, also schwefelsaures Kalzium, gelöst mit sich führt, in den Klüften zusammentrifft; die verschiedenartigen Bestandteile vereinigen sich so, daß aus ihnen die am schwersten lösliche Verbindung entsteht, in unserem Beispiel ist dies das schwefelsaure Barium, der Schwerspat. Auch Tiere und Pflanzen tragen durch ihre Lebenstätigkeit zur Bildung von Mineralstoffen bei, indem z. B. Muscheln, Schnecken, Ko-

rallen u. a. Kalk aus dem Meerwasser als kohlensauren Kalk abscheiden (mariner Kalkstein, Muschelkalk, Korallenkalk) oder Pflanzen dem Wasser Kieselsäure oder Kalk entziehen und abscheiden (Kieselgur, Süßwasserkalk).

Verwitterung. Das Wasser, welches als Regen auf die Erde fällt, nimmt aus der Luft und dem Erdboden Sauerstoff, Kohlensäure und andere Bestandteile auf, sicker mit diesen beladen in die Tiefe und kommt hier mit den Mineralien in Berührung. Während nun reines Wasser auf die meisten Mineralien keine besondere Wirkung ausübt, besitzt ein derartiges Wasser ganz andere Eigenschaften, es vermag im Laufe der Zeit auch die widerstandsfähigsten Mineralien zu lösen und zu zerstören und führt mit Sicherheit deren Verwitterung herbei. Sie verlieren ihren Glanz und oft ihre Farben, werden matt, rauh, zerreiblich und zerfallen schließlich zu Grus, wenn sie nicht vollständig vom Wasser gelöst und fortgeführt werden. Das Wasser nimmt aus den verwitterten Mineralien weitere Bestandteile auf, es trifft auf seinem Wege in der Erde mit Wasser, das von andern Mineralien andere Bestandteile aufgenommen hat, zusammen, und die gelösten Stoffe vereinigen sich zu neuen Körpern, zu frischen Mineralien, die ihrerseits wiederum der Verwitterung anheimfallen. So herrscht im Innern der Erde ein ununterbrochenes Werden und Vergehen der unorganischen Mineralien, vergleichbar dem Werden und Vergehen der organischen Geschöpfe auf der Erde. Und diese selbst können nur dadurch leben, daß Mineralien zerstört werden; aus den Lösungen, die bei der Verwitterung entstehen, nehmen die Pflanzen ihre Nahrung auf, und von den Pflanzen nähren sich die Tiere. So kann man sagen, daß ohne die Verwitterung der Mineralien kein Leben auf der Erde möglich sei.

Pseudomorphosen. Geht die Verwitterung von Kristallen sehr langsam vor sich und wird die fortgeführte Sub-

stanz sogleich durch neu sich bildende ersetzt, so kann es vorkommen, daß die Form des ursprünglichen Minerals erhalten bleibt, während eine fremde Substanz sie jetzt ausfüllt. Solche Gebilde nennt man Pseudomorphosen; die Substanz, die die Form ausfüllt, würde für sich in einer ganz andern Form kristallisieren, sie hat ihre jetzige Form von der früheren Substanz übernommen, nachdem sie diese allmählich verdrängt hat. Wie der Einsiedlerkrebß das Muschelgehäuse nicht gebaut hat, in dem er jetzt wohnt, so hat auch die Substanz der Pseudomorphosen die Form, die sie jetzt ausfüllt, nicht geschaffen. Wir können aber aus der Form die ursprüngliche Substanz wieder erkennen und aus dem, was die Pseudomorphosen früher waren und was sie jetzt sind, zu ermitteln versuchen, wie sie es geworden sind. So bilden die Pseudomorphosen eine Schrift, die uns die Vorgänge, die tief im Schoß der Erde sich abgespielt haben, erklären kann, sobald wir sie richtig zu lesen und auszulegen verstehen.

Systematik. Die Mineralien ordnen wir nach ihrer chemischen Zusammensetzung; solche, die eine Säure enthalten (die Salze sind), werden nach dieser geordnet, nicht nach dem Metalle, das mit der Säure verbunden ist. Die Mineralien, welche hiernach zusammengehören, werden in eine Klasse zusammengefaßt und innerhalb dieser nach ihrer engeren Verwandtschaft in Gruppen geordnet. Eine allgemeine Übersicht findet man im Inhaltsverzeichnis.

I. Klasse. Elemente.

A. Reguläre, geschmeidige Metalle.

Gold bildet kleine reguläre Kristalle, unter denen man Würfel, Oktaeder und Rhombendodekaeder am häufigsten beobachtet; öfters noch bildet es blech- oder drahtförmige

Gestalten oder unregelmäßige Körner und Blättchen. Seine Farbe ist gelb und um so lichter, je mehr Silber es enthält; ganz silberfreies Gold kommt kaum vor; silberreiches (bis 30% Ag), lichtiges Gold heißt auch Elektrum. Immer ist das Gold frisch und glänzend. Im Gegensatz zu andern gelben, metallglänzenden Mineralien (z. B. Schwefelkies) ist Gold weich ($H. = 2\frac{1}{2}$ —3), sehr geschmeidig und schwer ($G. = 16$ —19) und hat hakigen Bruch. Gegen Säuren ist es sehr widerstandsfähig, indem es nur von Königswasser, einem Gemisch von Salpetersäure und Salzsäure, gelöst wird.

Das Gold kommt auf seiner ursprünglichen Lagerstätte als Berggold besonders in Quarz und Schwefelkies eingewachsen vor, seltener in vulkanischen Gesteinen; in solchen das silberreiche Gold von Berespataf in Siebenbürgen. Die Gesteine verwittern, zerfallen zu Grus, der durch den Regen in die Bäche und Flüsse geschwemmt und in ihnen weiter getrieben wird; der Grus wird hierdurch weiter zerrieben, und das schwere Gold fällt zu Boden. So findet es sich jetzt in Form von Körnern und Blättchen in dem Geschiebe vieler Flüsse (Rhein, Eder) oder in ausgedehnten Geröllablagerungen, die man als Goldseifen bezeichnet; aus ihnen wird es durch Schwenmen und Waschen (Seifengold, Waschgold) gewonnen, wobei es wegen seiner Schwere zurückbleibt. Das meiste Gold ist aus Seifen gewonnen worden. Es kommt hier manchmal in großen Klumpen vor, die in seltenen Fällen sogar über einen Zentner schwer sind.

Zu den älteren Goldländern, Kalifornien, Australien, Transvaal, ist in neuerer Zeit das Gebiet des Klondike in Alaska hinzugekommen, dessen Seifen zu den reichsten gehörten, die je bekannt geworden sind. Die Weltproduktion betrug im Jahre 1915 2 Milliarden Mark; davon entfallen auf das gesamte Britische Reich $1\frac{1}{4}$ Milliarde, auf die Vereinigten Staaten 414 Millionen, auf Rußland 122 Millionen.

Die Benutzung des Goldes zu Münzen und Schmucksachen ist bekannt; diese Gegenstände werden indessen nicht aus reinem Gold verfertigt, sondern aus einer Legierung von Gold und Kupfer, weil reines Gold zu weich ist. Unsere Goldmünzen enthalten in 1000 Teilen 900 Teile Gold und 100 Teile Kupfer; der Feingehalt von Goldschmuck wird durch eine eingeprägte Zahl angegeben. Der Wert von 1 kg Feingold ist 2790 Mark. Sehr viel Gold wird zum Vergolden, zum Malen von Porzellan und in der Photographie und in der Zahnheilkunde verbraucht.

Silber bildet Formen wie das Gold, ist besonders häufig draht-, baum- und moosförmig. Kristalle mit Würfel, Oktaeder oder Zositetraeder werden größer und schärfer als die von Gold. Seine Farbe, ursprünglich weiß, ist in der Regel gelblich oder bräunlich, weil es an der Oberfläche durch Bildung von Schwefelsilber leicht anläuft. Silber ist ungefähr ebenso hart wie Gold, nicht ebenso dehnbar und leichter ($G. = 10-11$) und wird von allen stärkeren Säuren gelöst. Der Bruch ist hakig. Es findet sich besonders auf Erzgängen in Deutschland im Harz, im Erzgebirge; bei Kongsberg in Norwegen; in Mexiko, in Nevada und Colorado und vielen andern Ländern. Im Gegensatz zu Gold ist Silber wesentlicher Bestandteil von vielen Mineralien und wird auch aus diesen — den Silbererzen (Rotgültigerz, Silberglanz u. a.) — in großen Mengen gewonnen; auch Bleiglanz ist durch einen geringen Silbergehalt ein wichtiges Silbererz. Benutzung wie Gold.

Kupfer kristallisiert wie Gold und Silber, ist besonders häufig ästig. Die Farbe ist kupferrot, wenn das Mineral frisch ist, sonst leicht durch Anlauffarben verdeckt. Härte und Dehnbarkeit ungefähr wie bei Silber, spez. Gewicht geringer, nämlich $= 8,5-9$. Bruch hakig. Es verwittert zu Rotkupfererz und Malachit. Kupfer findet sich besonders

reich im Ural, am oberen See in Nordamerika (hier in einem Melaphyr-Mandelstein), in Chile, Peru, Bolivia, Australien, Südafrika. In Deutschland ist es bei Rheinbreitbach am Rhein und bei Reichenbach im Odenwald früher gefunden worden; im Siegenschen kommt es hier und da in Brauneisenstein vor und ist mit diesem aus der Verwitterung von Kupferkies entstanden. Das in Deutschland gewonnene Kupfer stammt aus Kupfererzen, besonders Kupferkies, und dem verschiedene Kupfererze führenden Kupferschiefer, auf den besonders bei Mansfeld in der Provinz Sachsen seit alten Zeiten Bergbau getrieben wird. Kupfer wird zu Münzen und Gerätschaften, als Draht zu elektrischen Leitungen, zu vielen Legierungen, namentlich Messing, einer Legierung von Kupfer mit Zink, und Bronze, einer Legierung von Kupfer und Zinn, benutzt.

Platin kommt in Blättchen und Körnern, sehr selten in regulären Kristallen vor, ist metallglänzend, stahlgrau und sehr dehnbar. Härter als Silber ($H. = 5$) und recht schwer ($G. = 17-18$); enthält immer Eisen und kleine Mengen von Iridium, Palladium, Osmium und anderen seltenen Metallen. Reines Platin ist noch schwerer ($G. = 21$) als das rohe und läßt sich in der Glühhitze schweißen wie Eisen. Gegen Säuren ist es ebenso widerstandsfähig wie Gold. Es findet sich wie Gold in Seifen in Brasilien, Kolumbien, auf Borneo, besonders aber im Ural. Wegen seiner Widerstandsfähigkeit gegen chemische Reagenzien und schweren Schmelzbarkeit (1755°) wird es zu chemischen Gerätschaften verwendet; früher wurden auch russische Münzen aus Platin geprägt. Der Preis für Platin ist in den letzten Jahren stetig gestiegen, das kg chem. reinen Platins wird z. B. bei uns mit 8000 Mark bezahlt, ist im Ausland aber noch viel höher.

Quecksilber ist das einzige bei gewöhnlicher Temperatur flüssige Metall, erst bei $-40^{\circ} C$ wird es fest. Es ist zinn-

weiß, stark metallglänzend und ziemlich schwer ($G. = 13,6$). Giftig. Es findet sich in Form von kleinen Tröpfchen mit Zinnober bei Idria in Krain, Almaden in Spanien, Moschellandsberg in der bairischen Pfalz, in Kalifornien usw.; das meiste wird aus Zinnober gewonnen. Mit Silber bildet Quecksilber natürliches Amalgam, ein silberweißes, glänzendes, regulär kristallisierendes Mineral. Quecksilber wird zur Herstellung von Thermometern und Barometern, von Spiegelbelag, reinem Zinnober usw. benutzt. Da sich Quecksilber leicht mit Gold zu Amalgam verbindet, d. h. Gold auflöst, wird es (neben Zink) benutzt, um fein verteiltes Gold von den begleitenden Mineralien zu trennen.

Eisen kommt in gediegenem Zustand fast nur in den aus dem Himmelraum auf die Erde gefallenem sog. Meteoriten vor, die entweder zum größten Teil aus Eisen bestehen, Meteorisen, oder Eisen nur in geringer Menge enthalten, Meteorsteine. Das meteorische Eisen ist durch einen Gehalt an Nickel ausgezeichnet. Es bildet mit Nickel Legierungen, die von verdünnter Salpetersäure um so weniger angegriffen werden, je nickelreicher sie sind. Selten ist Meteorisen einheitlich und dann nach den Würfelflächen spaltbar (hexaedrisches Eisen, Braunau), meist ist es nach den Oktaederflächen schalig gebaut (oktaedr. Eisen). Dies tritt durch Ätzen einer polierten Fläche in den Widmannstätten'schen Figuren hervor, in denen das nickelärmste Eisen das Balkeneisen bildet, nickelreicheres umsäumt dieses als Bändeisen, eine Mischung beider füllt als Fülleisen die Zwischenräume aus. Der Bau im einzelnen hängt von dem Nickelgehalt ab. Als besondere Verbindungen sind im Meteorisen ausgeschieden: Schreibersit $(Fe, Ni)_3P$, Cohenit Fe_3C , Troilit FeS , Diamant, Graphit u. a.; in andern, den Pallaseisen, Olivinkristalle. Ein 123 kg schweres Meteorisen ist i. J. 1916 bei Marburg gefallen, viele 200—300 kg schwere Blöcke

sind in Deutsch-Südwestafrika gefunden worden. Auf der Insel Disko (Westgrönland) kommen zentnerschwere Blöcke von irdischem Eisen in Basalt vor, und neuerdings sind zahlreiche überfaustgroße Stücke in Basalt vom Bühl im Habichtswald bei Kassel gefunden worden, die nicht so leicht rosten wie das grönländische Eisen; es ist hier wahrscheinlich aus Schwefelkies und Magnetkies durch dessen vom Basalt bewirkte Reduktion entstanden.

B. Rhomboedrische, spröde Metalle.

Arsen ist meist feinkörnig oder dicht und in der Regel trummschalig mit nierenförmiger Oberfläche; es wird dann auch Scherbenkobalt genannt, besonders wenn die einzelnen dünnen Schalen sich voneinander abheben lassen. Auf frischem Bruch ist es hell bleigrau und metallglänzend, läuft aber schnell dunkel an und wird matt und schwarz. Giftig, spröde. H. = 3—4, G. = 5,7, ist v. d. L. flüchtig, ohne zu schmelzen; entwickelt dabei Knoblauchgeruch. Findet sich im Harz und im Erzgebirge und wird als Zusatz bei der Schrotfabrikation benutzt. Das meiste Arsenik (As_2O_3) wird aus Arsenkies und Arsen Eisen dargestellt.

Antimon ist körnig, zinnweiß, metallglänzend, spröde. H. = 3, G. = 6,6; ist v. d. L. leicht schmelzbar und flüchtig mit weißem Rauch und weißem Beschlag auf der Kohle. Gediegen Antimon ist selten, das meiste wird aus der Schwefelverbindung, dem Antimonglanz, dargestellt. Es wird hauptsächlich zu Legierungen (Pettermetall) benutzt.

Wismut ist rötlich-silberweiß, metallglänzend, nur wenig spröde. H. = 2—3, G. = 9,8; v. d. L. leicht schmelzbar, gibt dunkelgelben Beschlag auf der Kohle. Kommt in Form von edigen Körnern und federförmigen Aggregaten in andern Mineralien eingewachsen vor im Erzgebirge, bei

Richelsdorf und Bieber in Hessen, bei Tazna in Bolivia usw. Wird u. a. zur Herstellung von leichtflüssigen Legierungen verwendet; eine von diesen, die Woodsche Legierung, enthält 50% Wismut, 25% Blei, $12\frac{1}{2}\%$ Antimon, $12\frac{1}{2}\%$ Cadmium und schmilzt schon bei $60,5^\circ$.

Deutliche Kristalle der drei Mineralien sind sehr selten.

C. Metalloide.

Schwefel, kristallisiert rhombisch, oft in schönen aufgewachsenen Kristallen, an denen eine Pyramide vorherrscht. Eine häufige Vereinerung ist in Fig. 79 abgebildet: Pyramide mit einer stumpferen Pyramide, der Basis und einem Längsprisma. Die Farbe der Kristalle ist rein gelb, derbe Massen sind durch fremde Beimengungen auch braun; durchsichtig bis undurchsichtig. $H. = 2$, $G. = 2$. Spröde, leicht schmelzbar (115°), an der Luft unter Entwicklung stechend riechender Gase (SO_2) mit bläulicher Flamme verbrennbar. In Schwefelkohlenstoff leicht löslich.



Fig. 79.
Schwefel.

Findet sich besonders reichlich mit Gips und Zölestin bei Girgenti auf Sizilien, wo er in unterirdischen Gruben gewonnen und durch Schmelzen von den mitvorkommenden Mineralien getrennt wird. Ausgedehnte Lager im Staate Louisiana. Gewinnung hier durch Einleitung von überhitztem Wasserdampf in die Bohrlöcher, wodurch der Schwefel geschmolzen und so gefördert wird. Kleine derbe Massen, in Gips eingewachsen, finden sich an vielen andern Orten; geringe Mengen bilden sich an Vulkanen und aus Schwefelquellen (Nachen); der von Quellen abgesetzte Schwefel ist meist feinpulverig (Mehlschwefel). Schwefel wird zu Bündhölzern, zur Darstellung von Schießpulver und Schwefelsäure,

zum Vulkanisieren von Kautschuk, zum Bleichen, Auschwefeln und Desinfizieren usw. benutzt.

Geschmolzener Schwefel kristallisiert beim Erkalten zuerst monoklin; bald aber werden die anfangs klaren, nadeligen Kristalle trüb, weil der monokline Schwefel in rhombischen übergeht. Der Schwefel ist also dimorph, sogar polymorph, denn er kann nicht nur in zwei, sondern in mehreren verschiedenen Modifikationen kristallisieren.

Diamant ist chemisch reiner Kohlenstoff, kristallisiert regulär, meist in Oktaedern. Kristalle mit gerundeten Flächen und gekerbten Kanten verdanken diese Form einer teilweisen Auflösung durch das Magma des Eruptivgesteins, in dem sie sich in der Tiefe gebildet haben. Flache, linsenförmig gerundete Kristalle sind Zwillinge nach einer Oktaederfläche. Die Diamantkristalle sind immer ringsum ausgebildet, was darauf schließen läßt, daß sie in Gesteinsmasse schwebend entstanden sind. Diamant ist das härteste Mineral und härter als irgendein anderer Körper, aber trotzdem leicht zu zerkleinern, da er spröde ist und Spaltbarkeit nach den Flächen des Oktaeders besitzt. Im Altertum hielt man ihn für unzerstörbar und nannte ihn daher den Unbezwingbaren. So erzählt Plinius in seiner Naturgeschichte, Diamant sei von unaussprechlicher Härte, auf dem Amboss mit einem Hammer geschlagen, stoße er den Schlag so zurück, daß Hammer und Amboss in Stücke zerspringen. Ein Versuch würde uns zeigen, daß er einen solchen Angriff doch nicht aushalten kann, denn es ist gar nicht sehr schwer, Diamant zu feinem Pulver zu zerstoßen. Diamant ist vollkommen farblos („Steine vom ersten Wasser“), sehr häufig aber schwach gelblich (besonders der vom Kap), grau oder grünlich; reine intensive Farben sind selten. Durchsichtig, oft auch trüb und fast undurchsichtig; ausgezeichnet durch starke Lichtbrechung und Farbenzerstreuung, daher der

Glanz und das Feuer der geschliffenen Steine. Bei genügend starker Hitze kann Diamant vollständig verbrannt werden. G. = 3,5. Er kommt hauptsächlich aus Indien (seit den ältesten Zeiten), Brasilien (seit 1728), Südafrika (seit 1867) und Deutsch-Südwestafrika (seit 1908), wo kleine, aber sehr klare Kristalle in verhältnismäßig großer Menge im losen Sand gefunden werden. In Südafrika ist Diamant in ein eigentümliches, wahrscheinlich durch vulkanische Eruption an die Oberfläche gefördertes Gestein, den „blauen Grund“, eingebettet, aus dem er sich in der Tiefe unter starkem Druck ausgeschieden hat, in allen andern Ländern kommt er in Sand oder sonstigen Geröllablagerungen vor; auch in Meteorereisen hat man Diamant gefunden. Der durchsichtige Diamant ist von jeher der geschätzteste Edelstein; die dickeren Kristalle werden in Brillantform, die flacheren in Rosettenform geschliffen; die Brillanten werden frei „à jour“ gefaßt und zeigen das lebhafteste Feuer, die Rosetten bekommen eine Unterlage (Folie) und sind bei gleichem Gewicht weniger wertvoll als die Brillanten. Der Wert wird außer nach Klarheit und Reinheit nach dem Gewicht geschätzt; als Gewicht dient bei Diamant wie überhaupt im Edelsteinhandel das Karat, ungefähr gleich 0,2 g; ein ein Karat schwerer, als Brillant geschliffener Diamant bester Qualität kostet etwa 800 Mark. Der größte Diamant, der „Cullinan“, wog 3025 Karat = 610 g; aus ihm sind für den König von England mehrere Steine geschliffen worden, deren größter 516 $\frac{1}{2}$ Karat wiegt und der größte geschliffene Diamant ist; aber mehr als 2000 Karat sind durch das Schleifen verlorengegangen. Die trüben Diamanten, die als Diamantbort in den Handel kommen, dienen zum Schneiden von Glas (wozu nur die mit krummen Kanten zu gebrauchen sind), zum Abdrehen von Maschinenteilen, durchbohrte in der Feindrahtzieherei; gepulverte als Schleif-

mittel zum Schleifen von Diamant und andern harten Edelsteinen; scharfe Splitter dienen als Schreibdiamant zum Schreiben auf Glas. Ein Karat Bort kostet 5—10 Mark. Eine poröse, etwa wie Koks aussehende Varietät, Karbonado genannt, wird an Bohrmaschinen zum Bohren in harten Gesteinen (Tunnel) benutzt; sie kommt aus Brasilien. Die künstliche Darstellung von Diamant ist zwar gelungen, hat aber technisch keine Bedeutung, die Kriställchen sind mikroskopisch klein.

Graphit ist reiner Kohlenstoff wie Diamant, unterscheidet sich aber von diesem in allen seinen Eigenschaften. Kohlenstoff ist demnach dimorph. Graphit, wahrscheinlich monoklin, findet sich in derben blättrigen und schuppigen Massen, selten in sechseckigen Tafeln, die sich leicht nach einer Richtung spalten lassen; er ist undurchsichtig, metallglänzend, schwarz und sehr weich (H. = 1), färbt daher stark ab. G. = 2,25. Sehr schwer zu verbrennen. Er kommt in größerer Menge bei Passau, bei Schwarzbach in Böhmen, in Ostibirien und auf Ceylon vor. Der Graphit wird zur Herstellung der Bleistifte, feuerfester Tiegel, als Schmiermittel und Ofenschwärze benutzt.

II. Klasse. Schwefelverbindungen¹⁾.

Schwefelverbindungen, die metallisch, undurchsichtig sind und helle Farben haben, heißen Kiese (Schwefelkies); solche, die metallisch, undurchsichtig sind und dunkle Farbe haben, heißen Glanze (Bleiglanz); solche, die durchsichtig oder durchscheinend sind, heißen Blenden (Zinkblende).

Auripigment ist Schwefelarsen, As_2S_3 , monoklin; bildet meist derbe Massen. Zitronengelb, durchscheinend, mit starkem Glanz. Nach einer Richtung sehr leicht spaltbar;

¹⁾ Die ähnlichen Arsen- und Antimonverbindungen sind hier einbegriffen.

Härte gering ($1\frac{1}{2}$ —2). G. = 2,5. Schmilzt leicht und verbrennt an der Luft unter Entwicklung von Schwefeldioxid. Die künstlich dargestellte Verbindung wird als Malersfarbe benutzt. Dieselben Bestandteile in anderm Verhältnis enthält der rote, monokline Realgar, AsS.

Antimonglanz (Grauspießglanz) ist Schwefelantimon, Sb_2S_3 , rhombische Kristalle oder faserige, strahlige Massen. Grau, metallglänzend, nach einer Richtung, parallel der Längsfläche, leicht spaltbar, die Spaltfläche ist meist quer gestreift; Härte gering (2), G. = 4,6. Sehr leicht schmelzbar, gibt auf Kohle v. d. L. weißen Beschlag, mit Salzsäure Schwefelwasserstoff. Ist das wichtigste Antimonerz. Findet sich in Deutschland bei Arnsberg i. W., im Harz, ferner in Ungarn, Frankreich und Algier. Die größten und schönsten Kristalle sind aus Japan gekommen.

Bleiglanz ist Schwefelblei, PbS ; kristallisiert regulär; die Kristalle sind begrenzt von Würfel, Oktaeder, auch Dodekaeder und Pyramidenoktaeder (Fig. 13, 16, 17). Eine charakteristische Vereinigung ist Würfel mit Oktaeder im Gleichgewicht, das sogenannte Kubooktaeder (Fig. 80). Durchkreuzungszwillinge von würfeligen Kristallen, ähnlich der Fig. 75, sind nicht selten. Bleiglanz ist metallglänzend, rötlich-bleigrau, nach den Würfelflächen sehr leicht spaltbar, mild. Härte gering ($2\frac{1}{2}$ —3).



Fig. 80.
Bleiglanz.

G. = 7,5. Gibt mit Soda auf Kohle geschmolzen ein Bleikorn und gelben Beschlag. Die dichten Massen sind grob- bis feinkörnig und haben auf frischem Bruch sehr lebhaften Glanz. Sehr verbreitet, besonders auf Erzgängen. In Deutschland findet sich Bleiglanz hauptsächlich im Harz, in Nassau und im Siegerland, in Oberschlesien und am Rand der Eifel bei Mechernich, hier in

Form von kleinen Körnern in Buntsandstein als sogenanntes Knottenerz. Bleiglanz ist das wichtigste Bleierz und durch einen kleinen Silbergehalt zugleich ein wichtiges Silbererz.

Silberglanz ist Schwefelsilber, Ag_2S ; regulär, meist Würfel mit Oktaeder wie Bleiglanz, ist jedoch dunkler, grau bis schwarz, wenig glänzend und nicht spaltbar, dagegen geschmeidig und wie Blei zu schneiden. $H. = 2\frac{1}{2}$, $G. = 7,3$. Gibt mit Soda auf Kohle geschmolzen ein Silberkorn. Wichtiges Silbererz, findet sich im sächsischen Erzgebirge, bei Aongberg, im Staate Nevada (Nordamerika), Mexiko.

Zinkblende (Blende) ist Schwefelzink, ZnS , regulär-tetraedrisch; an scheinbaren Oktaedern ist bisweilen die eine Hälfte der Flächen glänzend, die andere matt (vgl. Fig. 25), es sind Vereinigungen von Tetraeder und Gegentetraeder (Fig. 28). Fig. 81 stellt eine Vereinigung von Tetraeder mit Würfel und Gegentetraeder vor, die bei Zinkblende nicht selten ist. Durch wiederholte Zwillingsbildung nach einer Tetraederfläche wird die Form der Kristalle oft schwer bestimmbar, es kommen aber auch sehr schöne einfache und scharfe Zwillinge vor. Zinkblende ist nach den Flächen des Rhombendodekaeders leicht zu spalten, ihre Härte beträgt $3\frac{1}{2}$ —4, sehr spröde. $G. = 4,1$. Gibt mit Salzsäure Schwefelwasserstoff. Durchsichtig bis undurchsichtig, mit starkem Glanz. Farbe gelb, braun, rot, ölgrün und schwarz. Besonders häufig sind derbe, körnige Aggregate von brauner Farbe. Sehr verbreitet, namentlich auf Gängen und in Lagern im Harz, in Nassau; ferner in Oberschlesien, Schemnitz in Ungarn, Kapnik in Siebenbürgen usw. Schöne Kristalle finden sich im Binnental (Schweiz) in Dolomit, große, spätige, klare Stücke kommen aus der Gegend von San-



Fig. 81. Zinkblende.

tander in Spanien. Wird auf Zink verhüttet und zur Darstellung von Schwefelsäure benutzt. Ausgesprochen faserige Aggregate von Blende werden Strahlenblende oder Wurzit genannt; sie gehört nach ihren Eigenschaften ins hexagonale System, so daß also Schwefelzink dimorph ist. Eine nahezu dichte Abart ist die Schalenblende von Altenberg bei Aachen und Scharley in Oberschlesien, so genannt, weil Lagen von Blende mit schmalen Lagen von Bleiglanz und Markasit schalenförmig abwechseln.

Kupfernickel oder Rotnickelkies ist Arsennickel, $NiAs$; die seltenen Kristalle sind hexagonale Pyramiden; meist kommt er in derben, hell kupferroten Massen vor, die oft einen Anflug von apfelgrüner Nickelblüte besitzen, einem Verwitterungsprodukt von Kupfernickel. $H. = 5\frac{1}{2}$, ist spröde zum Unterschiede gegen das geschmeidige Kupfer; entwickelt, auf Kohle erhitzt, knoblauchartigen Geruch; gibt, in heißer Salpetersäure gelöst, grüne Lösung, aus der sich kleine Kristalle von As_2O_3 abscheiden. Findet sich mit andern Nickel- und Kobalterzen bei Bieber und Richelsdorf in Hessen, im Erzgebirge, Argentinien usw. und wird auf Nickel und Arsen verarbeitet.

Zinnober ist Schwefelquecksilber, HgS , kristallisiert hexagonal (tetartoedrisch), kommt aber nur selten in deutlichen Kristallen vor, meist in derben körnigen oder dichten Massen. Spaltbar nach dem Prisma. $H. = 2$, $G. = 8$. Farbe und Strich von reinem Zinnober scharlachrot, durch Beimengungen dunkler. Wird Zinnober mit Soda in einem Glasröhrchen erhitzt, so scheiden sich kleine Tröpfchen von Quecksilber aus. Durch organische Substanz verunreinigter Zinnober heißt Quecksilberlebererz, Quecksilberbranderz und Korallenerz. Findet sich bei Moschellandsberg in der Pfalz, zu Idria (Krain), Almaden (Spanien), Neualmaden (Kalifornien) und dient zur Darstellung von Quecksilber und von reinem Zinnober.

Kupferglanz ist Schwefelkupfer, Cu_2S , kristallisiert rhombisch; die durch das Vorherrschende der Basis tafelligen Kristalle sehen aus wie hexagonal, weil zur Pyramide ein Längsprisma, zum Vertikalprisma die Längsfläche tritt. Berührungs- und Durchwachsungszwillinge sind häufig. Meistens findet sich Kupferglanz in derben Massen. Farbe dunkel bleigrau, fast schwarz, Strich schwarz, geringer Metallglanz. $H. = 2\frac{1}{2} - 3$, mild, fast wie Blei zu schneiden. $G. = 5,5$. Gibt mit Soda auf Kohle geschmolzen ein Kupferkorn. Wichtiges Kupfererz; in fein vertheiltem Zustand im Kupferschiefer von Mansfeld enthalten; schöne Kristalle kommen von Redruth in Cornwall und von Bristol in Connecticut.

Magnetkies, Schwefeleisen, Fe_7S_8 oder vielleicht FeS mit S in fester Lösung; kristallisiert hexagonal, bildet meist derbe, nach einer Richtung spaltbare Massen. Auf frischem Bruch bronzegelb, metallglänzend; läuft schnell tombakbraun an und wird matt. Spröde, magnetisch. $H. = 4$, $G. = 4,6$. Entwickelt mit Salzsäure Schwefelwasserstoff; leicht schmelzbar. Findet sich unter anderm bei Bodenmais im Bayerschen Wald, in Norwegen, die größten Lager aber treten auf der Nordostseite des Huronsees in Kanada auf; durch einen geringen, in diesen Lagern nie fehlenden Nickelgehalt ist Magnetkies zum wichtigsten Nickel Erz geworden. Als Einschluss in niederrheinischen Basalten häufig.

Molybdänglanz, Schwefelmolybdän, MoS_2 , bildet sechsseitige, rötlich-bleigraue, metallglänzende Blättchen von geringer Härte (ca. 1), die sich vom schwarzen Graphit durch ihre Farbe, höheres spez. Gewicht (4,8) und gelbgrüne Flammfärbung leicht unterscheiden lassen.

Ein anderes molybdänhaltiges Mineral ist Gelbbleierz, molybdänsaures Blei, PbMoO_4 , das in gelben, durch die Basis tafelligen, quadratischen Pyramiden kristallisiert.

Schwefelkies (Eisenkies, Pyrit) ist Schwefeleisen, FeS_2 , kristallisiert regulär-pyritoedrisch. Die häufigsten Formen sind Würfel (Fig. 85), Oktaeder, Pyritoeder (Fig. 82) und Diploeder (Fig. 83). In Fig. 84 ist die Vereinigung vom Würfel mit Pyritoeder dargestellt; häufig sind auch Vereinigungen von Pyritoeder mit Oktaeder und Diploeder, die verschiedene Tracht haben, je nachdem die eine oder andere Form vorherrscht. Die Flächen vom Würfel sind meist parallel einer Kante gestreift, so wie Fig. 85 es zeigt;



Fig. 82. Schwefelkies.
Pyritoeder.

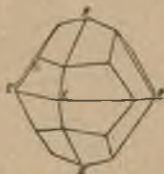


Fig. 83. Schwefelkies.
Diploeder.

es rührt dies von einer nicht zur rechten Ausbildung gekommenen Vereinigung mit einem Pyritoeder her. Zwei durcheinander gewachsene Pyritoeder bilden die Zwillinge des Eisernen Kreuzes (Fig. 86, die Kanten des einen Individuums sind gestrichelt). Farbe speisgelb, lebhafter Metallglanz; bei Verwitterung durch Bildung von wasserhaltigem Eisenoxyd braun und matt; Pseudomorphosen von Brauneisenstein oder Goethit nach Schwefelkies sind daher gar nicht selten. $H. = 6$, $G. = 5$. Beim Erhitzen an der Luft bildet sich SO_2 (Geruch); bei Luftabschluß entweicht Schwefel; nach Erhitzen auf der Kohle bleibt ein magnetisches Korn. Schwefelkies ist ein sehr verbreitetes Mineral, die schönsten Kristalle kommen von Elba und von Brossio und Traversella in Piemont usw. Ringsum ausgebildete Kristalle finden sich, in Keupermergel eingewachsen, bei Blotho an der Weser, von hier kommen auch hauptsächlich die Zwillinge des Eisernen Kreuzes. Oft sind die Kristalle zu Gruppen

zusammengewachsen, nicht selten sind auch kugelige, im Innern strahlige Aggregate. Häufig findet sich Schwefelkies als Versteinerungsmittel von Tieren. Ausgedehnte Lager von Schwefelkies: Rio Tinto in Spanien, Meggen i. B.



Fig. 84. Schwefelkies.
Würfel mit Pyritoeber.



Fig. 85. Schwefelkies.
Gestreifter Würfel.



Fig. 86. Schwefelkies.
Zwilling des Eisernen Kreuzes.

Rammelsberg bei Goslar und Sulitelma in Norwegen. Verwittert bei Zutritt von Luft und Wasser leicht zu Eisenvitriol und Schwefelsäure. Wird zur Darstellung von Schwefel, Schwefelsäure und Eisenvitriol benutzt. Reiner Schwefelkies ist als Detektor in der drahtlosen Telegraphie begehrt. Durch Goldgehalt auch wichtiges Golderz.

Kobaltglanz (Glanzkobalt) besteht aus Kobalt, Arsen und Schwefel und ist nach der Formel CoAsS zusammengesetzt; kristallisiert wie Schwefelkies. Außer Fig. 82 und 84 stellen Fig. 87, Oktaeder mit Pentagondodekaeder, und Fig. 88, dieselben beiden Formen im Gleichgewicht, die häufigsten Vereinigungen dar.

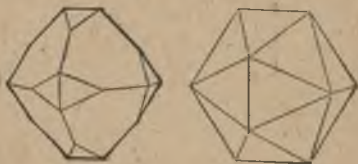


Fig. 87 und 88.
Kobaltglanz.

Zum Unterschied gegen Schwefelkies ist Kobaltglanz rötlich-silberweiß, etwas weicher ($H. = 5\frac{1}{2}$) und schwerer

(G. = 6,2); nach den Würfelflächen spaltbar, stark metallisch glänzend. Boraxperle blau. Findet sich mit Kupferkies bei Tunaberg in Schweden, ohne solchen bei Modum in Norwegen. Wird zur Darstellung von Kobaltfarbe (Smalte) benutzt, die ein fein gepulvertes, durch Kobalt dunkelblau gefärbtes Glas ist, und findet, als Kobaltoxid aufgetragen, in der Porzellanmalerei Verwendung.

Speiskobalt besteht aus Kobalt und Arsen, CoAs_2 , regulär, Würfel mit Oktaeder ähnlich wie Bleiglanz, von dem er sich durch das Fehlen von Spaltbarkeit und die Blaufärbung der Boraxperle leicht unterscheidet. Zinnweiß bis dunkelgrau, metallglänzend; Härte = $5\frac{1}{2}$, G. = 6,5—7. Von Speiskobalt ist Chloanthit wesentlich nur durch die Zusammensetzung (NiAs_2) unterschieden. Beide finden sich zusammen auf Gängen bei Bieber und Richelsdorf in Hessen, im Schwarzwald, Erzgebirge usw. Werden zur Darstellung von Kobaltblau (Smalte), Nickel und Arsen benutzt. Durch Verwitterung entsteht aus Speiskobalt rote Kobaltblüte, aus Chloanthit grüne Nickelblüte; beide sind wasserhaltige arsensaure Salze, das eine von Co, das andere von Ni.

Markasit besteht wie Schwefelkies aus Schwefel und Eisen, FeS_2 ; die Verbindung FeS_2 ist dimorph. Markasit kristallisiert rhombisch, die Kristalle sind begrenzt von einem kurzen Vertikalprisma und einem flachen Längsprisma, ähnlich der Fig. 89; meist sind es Zwillinge, und nach ihrer Form wird das Mineral auch Speerkies und Kammkies genannt. Farbe speisgelb ins Grünliche, metallisch glänzend, nicht so lebhaft wie Schwefelkies. H. = 6, G. bis 4,8. Nicht so verbreitet wie Schwefelkies, oft mit Ton oder Braunkohlen, radialstrahlige Kugeln in der Kreide der Champagne, auch auf Gängen; wird wie Schwefelkies benutzt. Verwittert leicht zu Eisenvitriol und Schwefelsäure.

Arjenkies (Mißpichel) besteht aus Eisen, Arsen und Schwefel, FeAsS , kristallisiert rhombisch, isomorph mit Markasit, die immer kleinen Kristalle kurzprismatisch, am Ende begrenzt von einem flachen Längsprisma (Fig. 89), oft Durchkreuzungszwillinge. Zinnweiß, oder dunkler, wenn angelassen; ist vom Markasit durch die Farbe zu unterscheiden. H. $5\frac{1}{2}$ —6, G. ca. 6. Entwickelt, auf Kohle erhitzt, knoblauchartigen Geruch; gibt mit Salzsäure Schwefelwasserstoff. Findet sich bei Freiberg, im Harz und an anderen Orten und wird zur Gewinnung von Arsenik (As_2O_3) benutzt, daher auch sein Name Giftkies. Das manchmal goldhaltige, fast nur derb vorkommende Arsenkies unterscheidet sich von Arsenkies durch seine Zusammensetzung, indem es nur aus Eisen und Arsen (FeAs_2) besteht; bei Reichenstein in Schlesien und anderen Orten. Beide Mineralien sind die wichtigsten Rohprodukte zur Darstellung von Arsenik und anderen Arsenpräparaten.



Fig. 89. Arsenkies.

An die einfachen Schwefelverbindungen schließen sich die sogenannten Sulfosalze an, die als Verbindungen von Sulfobasen (Schwefelbasen) (Ag_2S , Cu_2S , PbS) mit Sulfosäuren (Sb_2S_3 , As_2S_3 , Sb_2S_5 , As_2S_5) aufgefaßt werden können, ebenso wie die Sauerstoffsalze als Verbindungen von Sauerstoffbasen mit Sauerstoffsäuren; wir nennen nur die folgenden:

Kupferkies besteht aus Kupfer, Eisen und Schwefel, CuFeS_2 , kann als sulfoeisensaures Kupfer aufgefaßt werden; kristallisiert quadratisch-tetraedrisch; die Kristalle sind meist klein (ähnlich der Fig. 90) und durch Zwillingungsverwachsungen undeutlich; hauptsächlich kommt Kupferkies in derben Massen

vor, die sich vom ähnlichen Schwefelkies durch ihre grünlich-messinggelbe Farbe und geringere Härte ($3\frac{1}{2}$ —4) unterscheiden lassen. Entwickelt auf Kohle v. d. L. SO_2 (Geruch), gibt magnetisches Korn (Fe), das nach Befeuchten mit Salzsäure die Flamme blau färbt (Cu). Metallglänzend, oft bunt angelaufen, Strich schwarz. $G. = 4,2$. Sehr verbreitet; wird im Harz, in Nassau, Westfalen, im Erzgebirge und an vielen andern Orten bergmännisch gewonnen und ist das wichtigste Kupfererz.

Buntkupfererz enthält dieselben Bestandteile wie Kupferkies, jedoch in anderm Verhältnis, Cu_3FeS_3 , kristallisiert regulär, ist aber meist verb, auf frischem Bruch metallisch bronzegelb, an der Oberfläche immer blau und rot angelaufen; ist ein wesentlicher Bestandteil des Kupferschiefers von Mansfeld.

Dunkles Rotgültigerz besteht aus Silber, Antimon und Schwefel, $3\text{Ag}_2\text{S} \cdot \text{Sb}_2\text{S}_3$, kristallisiert hexagonal-rhombodrisch; Prisma zweiter Stellung am Ende begrenzt von Rhomboedern (z. B. ähnlich der Fig. 51) und Skalenoedern. Farbe dunkelrot, durchscheinend; Strich hellrot; der Glanz ist sehr stark. Härte gering (2 — $2\frac{1}{2}$). $G. = 5,8$. Ist eins der wichtigsten Silbererze, findet sich im Harz, Erzgebirge; in Chile, Mexiko. Das lichte Rotgültigerz enthält statt Antimon Arsen ($3\text{Ag}_3\text{S} \cdot \text{As}_2\text{S}_3$), ist hellrot, durchsichtig, die Kristalle sind meist Skalenoeder; es ist nicht so häufig als das dunkle Rotgültigerz; findet sich an denselben Orten und ist gleichfalls ein sehr wichtiges Silbererz. Besonders schöne Kristalle kommen in Mexiko vor.

Fahlerz kristallisiert regulär-tetraedrisch; z. B. als Tetraeder (Fig. 90), Tetraeder mit Dodekaeder (Fig. 91) oder mit Pyramidentetraeder (Fig. 92) und in andern Formen. Enthält Kupfer, Schwefel, Antimon; auch Arsen, Eisen und andere Bestandteile. Reines Kupferfahlerz ist nach der Formel

$4\text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{Sb}_2\text{S}_3$ zusammengesetzt, metallglänzend, Farbe grau bis schwarz, Strich schwarz. H. = 3—4. G. ungefähr = 5. Bei Verwitterung überzieht es sich mit blauer Kupferlasur und gelbem Antimonocker. Derbe frische Massen sind nur durch chemische Prüfung von andern ähnlich aussehenden zu unterscheiden: entwickeln v. d. L. auf Kohle SO_2 , geben



Fig. 90.



Fig. 91. Fahlerz.



Fig. 92.

weißen Antimonbeschlag, und das Korn färbt nach Befeuchten mit Salzsäure bei erneutem Anblasen die Flamme blau. Ist ein sehr verbreitetes Mineral, wird im Harz, in Nassau, im Siegenischen, im Erzgebirge und an vielen andern Orten bergmännisch gewonnen und auf Kupfer und Silber verhüttet; Kupfer ist in allen enthalten, Silber nur in den arsenfreien.

Außer den genannten Schwefelverbindungen sind als Erze noch von Wichtigkeit:

Goldzerze: Schrift- und Blättererz, tellurhaltige, graue, metallglänzende dünne Blättchen. Siebenbürgen.

Silbererze: Sprödglasserz (Stephanit), $5\text{Ag}_2\text{S} \cdot \text{Sb}_2\text{S}_3$, schwarze rhombische Kristalle, oft hexagonal aussehend. Miargyrit, $\text{Ag}_2\text{S} \cdot \text{Sb}_2\text{S}_3$, monoklin, stahlgrau mit firschrotem Strich. Polybasit u. a.

Kupfererze: Bournonit, $2\text{PbS} \cdot \text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{Sb}_2\text{S}_3$, rhombisch, Rand der Kristalle oft gezackt (Kädelerz); grau, metallisch. Enargit, $3\text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{As}_2\text{S}_5$, rhombisch, eisenschwarz, wenig glänzend, wichtiges Kupfererz für Peru und Argentinien.

III. Klasse. Dryde.

Wasser und Eis besteht aus Wasserstoff und Sauerstoff, H_2O . Eis kristallisiert hexagonal, die Oberfläche von Flußeis entspricht der Basis, die Hauptachse ist senkrecht dazu; das Gletschereis ist körnig, und die Körner sind um so größer, in je tieferen Lagen des Gletschers sie sich befinden. Die Schneesterne lassen in ihrer meist sechsstrahligen Gestalt die hexagonale Form erkennen. Die Gletscher¹⁾ haben in den Hochgebirgen (den Alpen) und in den nordischen Ländern (Skandinavien, Grönland) eine große Verbreitung und ziehen sich in den Thälern oft weit unter die Schneegrenze hinab. Sie befördern große Massen von größeren und kleineren Felsstücken von den Höhen in die Tiefe, die bei dem Schmelzen und Zurückgehen des Gletschers in langgestreckten mächtigen Schutthäufen (Moränen) zurückbleiben. In einer früheren Erdperiode war ein großer Teil des jetzigen Deutschlands von Gletschern bedeckt, indem sich aus den Alpen und den Gebirgen Mitteldeutschlands Gletscher bis in die Ebenen erstreckten und von Skandinavien aus gewaltige Eismassen die norddeutsche Tiefebene überzogen. Die Findlinge oder erratischen Blöcke, die hier überall zerstreut sich finden, sind von den Gletschern aus Skandinavien mitgebracht worden.

Rothkupfererz, Kupferoxydul, Cu_2O . Regulär (100) · (111) und (110). Farbe und Strich hell- bis dunkelrot; stark glänzend, durchsichtig oder durchscheinend. H. = $3\frac{1}{2}$ —4. G. = 6. Gibt, auf Kohle erhitzt, ein Kupferkorn. In deutlichen Kristallen, am häufigsten Würfel und Oktaeder, auch haarförmig (dann Chalkotrichit genannt), besonders aber derb, körnig. In Nassau, im Siegenschen, im Ural usw. Entsteht oft aus Kupfer und verwittert leicht zu Malachit. Bekannt

¹⁾ Sammlung Götchen Nr. 26; *Physische Geographie*. 2. Auflage. Kapitel X.

sind die Pseudomorphosen von Malachit nach Rotkupfererz von Chessy bei Lyon.

Rotzinkerz ist Zinkoxyd, ZnO ; kristallisiert hexagonal, findet sich in derben, nach der Basis spaltbaren, dunkelkirschroten Massen mit orangegelbem Strich; durchscheinend. H. = 4. G. = 5,5. Kommt in Nordamerika im Staate New Jersey vor und ist hier ein wichtiges Zinkerz. Derbes reines Rotzinkerz ist neuerdings als Detektor für drahtlose Telegraphie sehr begehrt.

Korund ist reine Tonerde, Al_2O_3 , und kristallisiert hexagonal-rhomboedrisch. Nach der Farbe werden als wichtigste Varietäten unterschieden: gemeiner Korund grau, gelblich, trüb; roter Rubin, blauer Saphir, aber auch gelber und farbloser Saphir. Die beiden ersten sind meist begrenzt vom Prisma zweiter Stellung, der Basis und einem Rhomboeder (Fig. 93); Saphir meist von einer



Fig. 93.
Rubin.



Fig. 94.
Saphir.

Pyramide zweiter Stellung, der Basis (Fig. 94) und oft noch von einem Rhomboeder. Sehr hart (H. = 9), nach Diamant das härteste Mineral. G. = 4. Durchsichtig in allen Graden, stark glänzend. Der durchsichtige Korund ist ein sehr wertvoller Edelstein; schöner, fehlerfreier Rubin war sogar teurer als Diamant. In neuerer Zeit ist es gelungen, Rubin und Saphir mit allen Eigenschaften des natürlichen nachzubilden, indem feines Tonerdepulver mit Zusatz der färbenden Substanz (Chromoxyd bei Rubin, Eisenoxydhydrat und Titandioxyd bei Saphir) in einer Leuchtgas-Sauerstofflamme geschmolzen wird. Ein Karat des künstlich dargestellten, geschliffenen Rubins kostet nur noch 2—3 Mark, das von künstlichem Saphir 10 Mark, so daß hierdurch die echten kleineren Steine

entwertet sind, von denen noch vor wenigen Jahren ein halbkaratiger geschliffener Stein mit 130—150 Mark bezahlt worden ist, während der Preis für einen Karatstein guter Qualität mehrere hundert Mark betrug. Manche trübe, meist blaugraue Steine zeigen auf der Basis, besonders wenn sie gewölbt geschliffen sind, einen sechsstrahligen Stern und heißen darum Sternsaphir; es sind recht wertvolle und begehrte Schmucksteine. Rubin und Saphir kommen besonders aus Birma und von Ceylon, wo sie in den Edelsteinseifen sich finden; dunkelblauer und blaugrüner Saphir wird in Australien gefunden; auch in Basalten Deutschlands kommen kleine, aber trübe Kristalle vor. Gemeiner Korund ist in Granit nicht selten. Ein feinkörniger, durch Eisenerze stark verunreinigter Korund, Smirgel genannt, kommt von Nagos und aus Kleinasien und wird als Schleifmittel benutzt; er wird in neuerer Zeit immer mehr durch das im elektrischen Ofen dargestellte Karborundum, eine Verbindung von Silizium mit Kohlenstoff, SiC, ersetzt, das härter und reiner ist als der Smirgel.

Eisenglanz, Eisenoxhd, Fe_2O_3 , rhomboedrisch; an den Kristallen herrschen Rhomboeder oder die Basis vor. Die großen Massen sind körnig, schuppig (Eisenglimmer), faserig mit nierenförmiger Oberfläche (roter Glaskopf) oder dicht (Roteisenstein). Die Kristalle sind metallisch glänzend, schwarz; die derben Massen wenig glänzend und dunkelrot. Strich immer firschrot. H. = $5\frac{1}{2}$ —6. G. = 4,5 bis 5,3. Gibt v. d. L. auf Kohle erhitzt magnetisches Korn. Boraxperle gelb.

Deutliche Kristalle finden sich auf Elba, am St. Gotthard (Eisenrosen), an Vulkanen usw. Die als Eisenerz wichtigen derben Massen werden in Nassau, im Harz, im Erzgebirge, in Spanien, Nordafrika, Brasilien und in vielen andern Gegenden bergmännisch gewonnen.

Dem Eisenglanz in der Form ähnlich ist das Titan-eisen, FeTiO_3 , das schwarze Farbe und braunen Strich besitzt. Boraxperle blutrot. Es ist Gemengteil von sehr vielen Gesteinen, Diabas, Dolerit u. a.

Magneteisen besteht aus Eisenoxydul und Eisenoxyd, $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$, kristallisiert regulär, meist als Oktaeder (Fig. 7), seltener als Rhombendodekaeder; sehr häufig sind Zwillinge vom Oktaeder (Fig. 95). Schwarz, metallglänzend. H. = 6. G. = 5. Die Kristalle verhalten sich einem Magneten gegenüber wie weiches Eisen, sie werden angezogen; derbe Massen wirken selbst wie ein Magnet, es sind die natürlichen Magnete; in geeigneter Fassung können sie auf Eisen eine große Anziehungskraft ausüben. Sehr verbreitetes Mineral. Schöne Kristalle eingewachsen in Chlorit-schiefer der Tiroler Alpen, angewachsen auf Glimmerschiefer im Binnental im Wallis. Kleine Körner fast in allen Eruptivgesteinen (Basalt); große, körnige Massen, Magnetberge bildend, in Nordschweden (Kirunavara und Gellivara in Lappland), im Ural, Nordamerika usw. Ist eins der wichtigsten Eisenerze.



Fig. 95. Magneteisen.
Zwilling.

An das Magneteisen schließen sich folgende, mit ihm isomorphe Mineralien an: der rote, durchsichtige, harte (H. = 8), als Edelstein geschätzte Spinell ($\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$), der ebenfalls in einfachen Oktaedern und Zwillingen kristallisiert und hauptsächlich von Ceylon kommt, ferner der schwarze, eisenreiche Ceylanit, der Zinkspinell ($\text{ZnO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$) und

Chromeisenstein, $\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$. Er bildet derbe, körnige Massen von pechschwarzer Farbe mit braunem Strich. H. = 6. G. = 4,5. Die erkaltete Boraxperle ist smaragdgrün. Findet sich mit Serpentin bei Kraubat in Steiermark, in Kleinasien, im Ural, in Nordcarolina. Dient zur Darstellung

der Chrompräparate und des metallischen Chroms, das als Zusatz zu Stahl benutzt wird.

[Ein anderes chromhaltiges Mineral ist Rotbleierz, chromsaures Blei (PbCrO_4); monokline, gelbrote Kristalle mit gelbem Strich, durchscheinend, stark glänzend. Findet sich bei Veresowzk im Ural und in Tasmanien.]

Uranpecherz (Pechblende) besteht aus Uranoxiden $\text{UO} \cdot \text{U}_2\text{O}_3$ und enthält dazu außer Blei und Barium vor allem Radium, das allein aus diesem Mineral in nennenswerter Menge, im ganzen bisher nur wenige Gramm, gewonnen wird, und durch seine auffallenden Eigenschaften ein sehr beehrter Stoff geworden ist, indem ein mg von Radiumbromid mit 350 Mark bezahlt wird. Das Mineral ist derb, schwarz bis grünlichschwarz, pechglänzend, und findet sich in größeren Mengen bei Joachimstal in Böhmen, auch in Cornwall, bei Morogoro in Deutsch-Ostafrika, hier auch große Kristalle. Uranoxid selbst wird u. a. zur Herstellung von fluoreszierendem Glas benutzt.

Quarz ist wasserfreie Kieselsäure (SiO_2). Die hexagonalen Kristalle sind begrenzt vom Prisma, dessen Flächen horizontal gestreift sind, und einer scheinbaren Pyramide, deren Flächen aber, wenn auch kaum bemerkbar, physikalisch verschieden sind, daher als zwei Rhomboeder zu deuten sind.



Fig. 96 und 97.
Quarz mit gestreiften Prismenflächen.

Fig. 98. Bergkristall.
Rechter Kristall.

Die Verschiedenheit tritt hervor in der Größe, dem Glanz und, selten, in der Färbung. Diese Vereinigung der sechsseitigen Säule mit der scheinbaren Pyramide ist die häufigste von allen (Fig. 96 und 97). Hierzu treten manchmal über den Ranten vom Prisma rhombenförmige und trapezförmige Flächen (vgl. Fig. 98); letztere gehören einer dihexagonalen Pyramide an, die aber nur mit dem vierten Teil ihrer 24 Flächen austritt; Quarz kristallisiert daher tetartoedrisch. Die Rhombenflächen sind Halbflächen einer Pyramide der zweiten Stellung, und würden für sich allein eine dreiseitige, trigonale Pyramide bilden, während die Trapezflächen für sich ein Trapezoeder bilden würden.

Eine häufige Vereinigung ist in Fig. 98 abgebildet mit

$$(1010) \cdot (10\bar{1}1) \cdot (01\bar{1}1) \cdot (11\bar{2}1) \cdot (5161).$$

Die Rhomben- und Trapezflächen treten an einfachen Kristallen nur an den abwechselnden Ecken auf; sobald sie an aufeinanderfolgenden Ecken auftreten, sind die Kristalle Zwillinge. Quarz bietet unter den Mineralien das beste Beispiel für Zirkularpolarisation, wie Kalkspat für Doppelbrechung; nur kann man in diesem die Doppelbrechung mit bloßem Auge erkennen, während die Zirkularpolarisation erst mit Polarisationsapparat und nur in Platten, die senkrecht zur Achse geschnitten sind, wahrgenommen werden kann. Wenn die Trapezflächen rechts über den Prismenflächen liegen, so ist der Kristall ein rechter (Fig. 98) und dreht die Ebene des polarisierten Lichtes in der Richtung der Hauptachse nach rechts; ein linker dreht sie nach links. Durchsichtig bis undurchsichtig, farblos und gefärbt, gelb, braun, rosa, violett. Glasglänzend. H. = 7, G. = 2,6. Sehr widerstandsfähig gegen Säuren, wird nur von Flußsäure gelöst. Außer in deutlichen Kristallen auch körnig, faserig usw. Quarz ist das verbreitetste Mineral; nach Farbe und Aus-

sehen unterscheidet man: Bergkristall, farblos, oft mit Einschlüssen anderer Mineralien. Auf Klüften und Hohlräumen (Kristallkeller) in den Alpen, bei Striegau in Schlesien; auf dem Marmor von Carrara; in Brasilien, Japan, auf Madagaskar; als Geschiebe im Rhein (Rhein-Kiesel). Die klaren Kristalle werden geschliffen und als Schmuckstein verwendet, auch zu feinen Gewichten, kleinen Bechern, Petschaften u. dgl. verarbeitet. Rauchquarz, hell- bis dunkelbraun; besonders in den Alpen. Dunkelbrauner, fast schwarzer Rauchquarz heißt Morion; gelber Bergkristall heißt Zitrin, der meiste sog. Zitrin ist aber gebrannter Amethyst. Amethyst, violett, wird durch Brennen gelb (Zitrin zum Teil); kommt besonders mit Achat in den Blasen von Eruptivgesteinen (Melaphyrnadelstein) vor, so bei Oberstein an der Nahe; in Brasilien und Uruguay. Der klare Amethyst gibt einen sehr geschätzten Edelstein, der um so wertvoller ist, je dunkler violblau er ist; der gelbe, gebrannte Amethyst heißt im Edelsteinhandel Goldtopas, der braune Rauchtopas, der gebrannte Rauchtopas heißt spanischer Topas oder Madeiratopas.

Gemeiner Quarz ist trüb, wenig durchsichtig, weiß, grau, gelb, rosa (Rosenquarz); Glas- bis Fettglanz. Die Kristalle sind oft schalig gebaut (Rappenquarz). Bildet oft große zusammenhängende Massen¹⁾ oder das Ausfüllungsmaterial von großen und kleinen Gängen, ist wesentlicher Bestandteil vieler Gesteine (Granit, Gneis, Quarzporphyr, Sandstein). Besondere Varietäten sind: der rote oder gelbe, trübe Eisenkiesel, der lauchgrüne Prase m, der strahlige Sternquarz, der Faserquarz mit dem gelben Tiger-auge (aus Südafrika); das Asbestfasern einschließende Katzenauge (von Ceylon), der bituminöse Stinkquarz u. a.

¹⁾ Vgl. Sammlung Göttingen Nr. 13: Geologie.

Dichter Quarz ist der graue Hornstein, der durch Nidel grüne Chryso pras aus Schlesien, der meist rote oder braune Jaspis u. a.

Tiger- und Katzenauge werden geschliffen und als Edelsteine benutzt, feine Katzenaugen gehören zu den wertvolleren Edelsteinen; amerikanischer Rosenquarz wird in neuerer Zeit als Schmuckstein viel getragen; auch Chryso pras und Jaspis werden geschliffen und besonders zu Steinmosaik verwendet. Gemeiner Quarz dient zur Glasfabrikation; aus geschmolzenem Bergkristall, der zu Glas erstarrt (Quarzglas), werden Gläser geblasen, die gegen plötzliche Temperaturänderung sehr unempfindlich sind; ein Gefäß kann rotglühend in Wasser getaucht werden, ohne zu zerspringen.

Chalzedon ist ebenfalls Kieselsäure, aber sehr feinfaserig, fast dicht, mit splittrigem Bruch, wenig glänzend, eine Abart von Quarz; netzenförmig oder tropfsteinartig. Durchscheinend, weiß, grau oder gelblich, rot (Karneol), grün (Plasma), grün mit roten Punkten (Heliotrop); grau mit moosähnlichen Einschlüssen (Moosachat, vgl. S. 55); rot und weiß (Sardonyx) oder schwarz und weiß gestreift (Onyx); liefert seit alter Zeit das Material zu geschnittenen Steinen, Gemmen und Rameen. Achat besteht aus vielen Lagen von verschiedenfarbigem Chalzedon, Bergkristall und Amethyst; die intensiven roten und schwarzen Farben sind meist künstlich hervorgerufen; rot durch Brennen, schwarz durch Behandlung mit Honig und Schwefelsäure. Manche Schichten von Achat sind nämlich porös, andere nicht; wird er nun in Honig gelegt, so dringt dieser in die porösen Schichten ein; durch konzentrierte Schwefelsäure wird hierauf der Honig im Innern des Steines verkohlt, und die vorher unansehnlich grauen Schichten werden tiefschwarz, während die nichtporösen Schichten rein weiß bleiben. In neuerer Zeit färbt man Chalzedon schön braun, indem man ihn mit

einer Lösung von Kandiszucker trinkt und darauf brennt, grün durch Chromverbindungen, blau durch Berlinerblau; namentlich der braun und grün gefärbte zeichnet sich, wenn er durchscheinend ist, durch seine Schönheit vor den andern aus. Chalzedon und Achat finden sich besonders in den Blasen von Eruptivgesteinen, die Achatmandeln bildend; so bei Oberstein an der Nahe, in Brasilien und in Uruguay. Alle Varietäten werden geschliffen (in Idar und Oberstein) und als Schmucksteine getragen; Achat wird auch zu Reibschalen, Kompaßhütchen u. dgl. verarbeitet. Zu Chalzedon kann man auch den Feuerstein rechnen, der in Knollen oft als Versteinerungsmittel sich findet, flachmuschigen bis splitt-rigen Bruch hat und meist grau, seltener gelb oder rot gefärbt ist. Er wurde in der Urzeit zu Steinwerkzeugen, später zum Feueranschlagen (mit Stahl und Zunder) und als Flintenstein benutzt, weil er wegen seiner Härte am Stahl beim Anschlagen leicht und reichlich Funken gibt. Findet sich besonders in der Kreide auf Rügen, in Frankreich, England usw. und als Gletschergeschiebe im nördlichen Deutschland weit verbreitet.

Tridymit ist ebenfalls Kieselsäure, mit $G. = 2,3$; es bildet kleine, graulichweiße, sechsseitige, durch Zwillingbildung oft fächerförmig verwachsene Tafelchen in vulkanischen Gesteinen, z. B. im Trachyt des Siebengebirges bei Bonn. Aus Quarzit hergestellte feuerfeste Steine gehen nach längerem Gebrauch in Tridymit über, die Steine „wachsen“ durch den Übergang in die leichtere Art.

Opal ist wasserhaltige Kieselsäure; amorph, die natürliche Oberfläche ist gerundet, traubig, nierenförmig. Durchsichtig bis undurchsichtig, farblos oder gelblich und graulich. $H. = 6$, $G. = 2,1$. Man unterscheidet:

Edelopal, durchscheinend weißlich oder gelblich mit sehr lebhaftem bunten Farbenspiel, daher wertvoller Edel-

stein. Findet sich besonders im Trachyt bei Dubnik in Ungarn, in Mexiko und Australien; hier findet man sogar versteinerte Muscheln, deren Schalen aus Edelopal bestehen. Hyalith, farblos, durchsichtig, findet sich auf Basalt; Steinheim bei Hanau, Walsch in Böhmen. Feueropal, weingelb, durchsichtig; Mexiko; Kleinasien; wertvoller Edelstein. Halbopal, weiß, braun, gelb, undurchsichtig mit muschligem Bruch; Steinheim bei Hanau. Holzopal, durch Opal versteinertes Holz.

Auch der von heißen Quellen abgesetzte Kieselsinter und die aus Diatomeenpanzern bestehende Kieselgur ist Opalmasse.

Zinnstein ist Zinndioxyd, SnO_2 . Quadratische Kristalle, begrenzt von Prisma (110) und der Pyramide (111), auch (101) u. a.; meist sind es Zwillinge, verwachsen mit der Fläche (101), an den einspringenden Winkeln leicht zu erkennen. Wegen ihrer an ein Visier erinnernden Form werden die Zwillingkristalle Visiergruppen genannt. Farbe braunrot bis schwarz, kaum durchscheinend; Glanz sehr stark. $H. = 6-7$. $G. = 7$. Auch körnige und faserige (Holzzinn) Aggregate bildend. Wird das feine Pulver v. d. L. auf Kohle mit Phosphorsäure geschmolzen, so scheidet sich Zinn in feinen Flitterchen aus. Findet sich eingewachsen in Granit oder lose im Sand (Zinnseifen). Wichtige Fundorte sind das Erzgebirge (Mtenberg, Zinnwald usw.), Cornwall, die malaiischen Inseln Banka und Billiton, die Halbinsel Malakka, Neusüdwales, Tasmanien und Bolivia. Zinnstein ist das einzige Mineral, aus dem Zinn dargestellt wird.



Fig. 99. Zinnstein.
Zwilling.

Zirkon besteht aus Zirkonerde und Kieselerde, $\text{ZrO}_2 \cdot \text{SiO}_2$. Quadratische Kristalle, begrenzt von Prisma und Pyra-

miden gleicher (Fig. 100) und verschiedener (Fig. 101) Stellung mit und ohne Dioктаeder (Fig. 60). Farblos, gelbrot bis braun, grün, durchsichtig bis undurchsichtig, glas-



Fig. 100 und 101.
Zirkon.

diamantglänzend; hart ($H. = 7\frac{1}{2}$) und schwer ($G. = 4,5$). Findet sich in Sphenit eingewachsen in Norwegen und im Ural; in Basaltlava bei Niedermending und lose im Sand in den Edelsteinseifen von Ceylon und Tasmanien. Der durchsichtige, braunrote Zirkon heißt Hyazinth und ist, wie alle durchsichtigen Zirkone, ein geschätzter, durch lebhaftes Feuer ausgezeichnetes Edelstein; er läßt sich durch Erhitzen leicht entfärben, nimmt aber, Radiumstrahlen ausgesetzt, bald wieder seine ursprüngliche Farbe an.

Rutil, Titansäure, TiO_2 ; quadratische, hauptsächlich von Prismenflächen begrenzte Kristalle, die fast immer zu Zwillingen verwachsen sind; Zwillingsebene ist eine Pyramidenfläche (101), die einfachsten Zwillinge haben knieförmige Gestalt (Fig. 102). Die Farbe ist dunkelrot, der Strich braungelb, der Glanz metallartiger Diamantglanz. Durchsichtig bis undurchsichtig. $H. = 6-6\frac{1}{2}$. Spaltbar nach den Prismenflächen. $G. = 4,2$. Findet sich ausgewachsen in den Alpen, oft mit Eisenglanz zusammen und manchmal mit diesem so verwachsen, daß die roten Rutilprismen auf der Basis des Eisenglanzes



Fig. 102. Rutil.
Zwilling.

nach drei verschiedenen Richtungen liegen. Große Kristalle kommen von Norwegen, Nordamerika usw. Wird als Zusatz zu Stahlarten benutzt.

Dieselbe Zusammensetzung wie Rutil hat Anatas, der meist in spitzen quadratischen Pyramiden (Fig. 52) kristalli-

fiert, dunkelblau, fast schwarz, seltener gelb ist, metallartigen Diamantglanz besitzt, nach der Basis leicht spaltet und etwas weicher ($H. = 5\frac{1}{2}$ —6) und leichter ($G. = 3,9$) ist. Auch Brookit hat dieselbe Zusammensetzung, kristallisiert aber rhombisch in meist tafeligen, rotbraunen Kristallen. Die Substanz der Titansäure ist also trimorph.

[Von den andern titanhaltigen Mineralien ist noch von einiger Wichtigkeit Titanit, eine Verbindung von titansaurem und kieselsaurem Kalk, $CaSi_2O_5 \cdot CaTi_2O_5$, der monokline, flache, spitzwinklige, einfache Kristalle und Zwillinge bildet und gelb, braun oder grün gefärbt ist. Die Kristalle haben lebhaften Glasglanz und sind in allen Graden durchsichtig. $H. = 5$ — $5\frac{1}{2}$, $G. = 3,5$. Aufgewachsene Kristalle in den Alpen mit Bergkristall, Aduklar und Chlorit auf Klüften; eingewachsene, meist in der Form eines Briefkuverts, in Syenit, Diorit, Trachyt und andern Gesteinen.]

Pyrolusit (Braunstein), MnO_2 , bildet radialfaserige, graue, metallisch glänzende Aggregate von geringer Härte ($H. = 2$) und schwarzem Strich; auch schwarze, erdige Massen; unschmelzbar. Boraxperle violett. Entwickelt, mit Salzsäure übergossen, Chlorgas, und wird mit andern Manganoxyden wie Braunit (Mn_2O_3 , kleine quadratische Pyramiden), Hausmannit (Mn_3O_4 , spitze quadratische Pyramiden), Psilomelan und Manganit zur Darstellung von Chlor, in der Glasfabrikation zur Herstellung farbloser Gläser, im Eisenhüttenprozeß zur Darstellung von manganhaltigem Eisen usw. benutzt. Findet sich zum Teil mit den genannten Manganerzen bei Gießen und Battenberg, bei Elgersburg in Thüringen; in Spanien, im Kaukasus, in Brasilien usw.

Brauneisenstein besteht aus Eisenoxyd und Wasser, $2Fe_2O_3 \cdot 3H_2O$; bildet faserige Aggregate mit nierenförmiger, glänzend schwarzer Oberfläche (brauner Glaskopf),

auch dichte, erdige und tonige Massen. Farbe und Strich braun; wird durch Glühen v. d. L. schwarz und magnetisch. Härte schwankend zwischen 4 und $5\frac{1}{2}$. Boraxperle gelb. Sehr verbreitetes, oft aus andern Mineralien (Roteisenstein, Eisenspat) entstandenes, wichtiges Eisenerz; wird im Harz, Thüringer Wald, in Nassau, Westfalen, im Erzgebirge gewonnen und auf Eisen verhüttet. Varietäten sind das aus runden Körnern bestehende Bohnerz, die als Eisenerz besonders wichtige Minette von Luxemburg, Lothringen und Frankreich, die hier ausgedehnte und mächtige Lager im braunen Jura bildet, der in Mooren und Sümpfen abgesetzte Raseneisenstein (Wiesenerz, Sumpferz), die braune Umbra u. a.

Hier schließen sich die folgenden wasserhaltigen Dryde an: der schuppige oder nadlige, braunrote Goethit oder Rubin glimmer ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$); der schwarze, in glänzenden, rhombischen Prismen kristallisierte Manganit ($\text{Mn}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$); der erdige, gelbe oder braune, zur Herstellung von Alaun und Aluminium benutzte Beauzit ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$); der feinschuppige, pulverige, in vulkanischen Gebieten (Toskana) gewonnene Sassolin (Borsäure, H_3BO_3); der schwarze, amorphe, in dichten, traubigen oder tropfsteinähnlichen Massen vorkommende Psilomelan, der als Manganerz einige Wichtigkeit besitzt.

IV. Klasse. Haloidsalze.

(Verbindungen der Halogene Chlor, Brom, Jod oder Fluor mit Metallen.)

Steinsalz oder Kochsalz ist Chlornatrium, NaCl ; es kristallisiert regulär, in Würfeln (Fig. 103) und ist nach den Würsflächen sehr leicht spaltbar, so daß man aus einheitlichen Stücken leicht würfelige Spaltungsstückchen herstellen

kann. Die großen Massen sind körnig, auf Klüften finden sich bisweilen auch faserige Aggregate. Farblos, durch beigemengte Substanzen grau, gelb, rot und grün; klares blaues Steinsalz hat vielleicht durch Strahlungen seine Farbe erhalten. Durchsichtig oder durchscheinend, glasglänzend. $H. = 2\frac{1}{2}$, $G. = 2,2$. Wird Steinsalz in einer nicht leuchtenden Gasflamme oder Spiritusflamme erhitzt, so ertheilt es ihr eine intensiv gelbe Färbung. Oft enthält es Flüssigkeitseinschlüsse, die durch ein bewegliches Bläschen (Libelle), das beim Neigen in die Höhe steigt, leicht zu erkennen sind. In Wasser ist es leicht löslich und schmeckt salzig. Reines Steinsalz bleibt an der Luft trocken; wenn es aber, was häufig der Fall ist, durch andere Salze verunreinigt ist, so zieht es Wasser an und zerfließt.



Fig. 103. Steinsalz.

Das Steinsalz ist stets begleitet von Gips und Anhydrit und bildet, mit diesen schichtenweise abwechselnd, bis über 1000 m mächtige Lager; das ganze Lager ist häufig bedeckt mit einem von Salz durchtränkten Ton, dem sogenannten Salzton, der kein Wasser durchläßt und daher das Salz vor dem Auflösen bewahrt. In den oberen Schichten treten in Norddeutschland, wie z. B. bei Staßfurt-Leopoldshall, Wienenburg, noch große Massen von leicht löslichen Salzen, die man Braumsalze (s. folgende Seite) nennt, hinzu. Aus der Art seines Vorkommens geht hervor, daß das Steinsalz an Küsten oder in abgeschlossenen Meeresteilen aus Meerwasser, das große Salz mengen gelöst enthält, abgesetzt ist. Die Braumsalze können wegen ihrer leichten Löslichkeit nur durch Austrocknen abgeschlossener Meeresbecken in trockenem warmen Klima entstanden sein. Geringe Mengen von Steinsalz werden an tätigen Vulkanen gebildet.

Mächtige Steinsalzlager kennt man bei Staßfurt, Speren-

berg und an vielen andern Orten Norddeutschlands (Zechsteinformation); in Süddeutschland bei Heilbronn, Schwäbisch-Hall mit Wilhelmshäuser (Muschelkalk), bei Berchtesgaden und im Salzkammergut (alpine Trias), bei Wieliczka und Kalucz in Galizien (Tertiärformation).

Ein großer Teil von Steinsalz wird in oft ausgedehnten Bergwerken gewonnen; namentlich sind die Bergwerke von Staßfurt und Wieliczka wegen der Ausdehnung der in die kristallinen Massen gebrochenen Hallen und Stollen berühmt. Sehr viel Steinsalz wird durch Quellen, die Solquellen, an die Erdoberfläche gebracht und aus diesen gewonnen. Die Sole wird zu diesem Zweck in Gradierwerken durch Verdunstung des Wassers konzentriert und darauf in den Sudhäusern eingedampft. Das Steinsalz scheidet sich dann in kleinen, trichterförmigen Kristallen ab. Bei Berchtesgaden und im Salzkammergut wird das Steinsalz im Gebirge durch absichtlich zugeführtes Wasser in den sogenannten Sinkwerken gelöst, die gesättigte Sole herausgepumpt und diese, wie die aus den Quellen, zur Gewinnung von reinem Salz eingedampft. Im Bergwerk von Berchtesgaden wird daher der Besucher durch kleine, mit einem Kahn zu befahrende Seen überrascht, in denen die gläsernen Wände sich spiegeln. In den Mittelmeerländern und an den Küsten des Atlantischen Ozeans in Portugal und Frankreich wird viel Salz in den Salzgärten aus dem Meerwasser durch dessen Verdunstung gewonnen, in den Salzseen der weiten Umgebung des Kaspischen Meeres wird Salz fortdauernd ausgeschieden.

Das Steinsalz, kurz Salz genannt, ist ein unentbehrlicher Zusatz zu den menschlichen Nahrungsmitteln, ebenso für die Ernährung des Viehs von Wichtigkeit. Ferner ist es in der Industrie zur Darstellung von Soda, Salzsäure, Chlor und vielen andern Stoffen von größter Bedeutung.

Abraumfalze nennt man die Kali- und Magnesiumsalze, die, von jüngeren Ablagerungen bedeckt, in Norddeutschland in weiter Verbreitung bis nach Thüringen hin die oberste Schicht von Steinsalzlageren bilden und abgeräumt werden mußten, ehe das begehrte Steinsalz erreicht wurde; ihr hoher Wert wurde bald erkannt. Die wichtigsten derselben sind:

Sylvin, Chlorkalium (KCl), kristallisiert regulär, meist in der Vereinigung von Würfel und Oktaeder (Fig. 17 und 104); ist nach den Würfelflächen sehr leicht spaltbar. Er bildet wie Steinsalz meist körnige Aggregate und sieht ihm zum Verwechseln ähnlich. Zum Unterschied gegen dasselbe erteilt Sylvin einer nicht leuchtenden Gas- oder Spiritusflamme hellviolette Färbung.

Sylvinit, ein Gemenge von Chlornatrium und Chlorkalium; Hartsalz, dasselbe mit Kieserit.

Carnallit ($KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6 H_2O$) bildet körnige, farblose oder durch zierliche Eisenglimmertäfelchen rote Massen, die an der Luft Wasser anziehen und zerfließen. Carnallitit ist Carnallit + $NaCl$, Hauptsalz dasselbe mit Kieserit.

Kieserit ($MgSO_4 \cdot H_2O$) und der wertvolle, wichtige kainit ($KCl \cdot MgSO_4 \cdot 3 H_2O$), beide sind meistens körnig, weiß oder gelblich. Polyhalit ($2 CaSO_4 \cdot MgSO_4 \cdot K_2SO_4 \cdot 2 H_2O$) bildet körnige, stenglige oder dichte Aggregate, ist nach zwei Richtungen spaltbar; grau oder rot.

Die Abraumfalze sind wegen ihres Kaligehaltes sehr wertvolle Düngemittel; sie dienen ferner zur Darstellung von Kalisalpeter, der aus Natronsalpeter und Chlorkalium durch Austausch der Bestandteile erhalten wird, und vielen andern wichtigen Kaliverbindungen; sie liefern Bittersalz, Brom, und andere für die Industrie wichtige Stoffe. Abraumfalze finden sich besonders bei Leopoldshall in Anhalt, bei Staßfurt und Bienenburg und an vielen andern Orten im

nördlichen Deutschland zwischen Harz und Thüringer Wald in der Zechsteinformation, und außerdem im Oberelsaß im Tertiär, hier besonders Schwinit und Hartsalz.

Chlorjilber (Hornsilber), AgCl , bildet kleine graue reguläre Oktaeder oder dünne, hornähnliche Überzüge. $H. = 1$ bis $1\frac{1}{2}$, $G. = 5,6$. Geschmeidig, läßt sich mit dem Messer schneiden. Findet sich mit dem ähnlich aussehenden Bromjilber zusammen in Chile.

Flußpat, Fluorkalzium, CaF_2 . Regulär in mannigfachen Formen. Sehr häufig Würfel (100) (Fig. 13), mit Oktaeder (100) · (111) (Fig. 104), Dodekaeder (100) · (110) (Fig. 18), Pyramidentwürfel (100) (310) oder mit 48-Flächner (100) (421); auch Durchkreuzungszwillinge zweier Würfel (Fig. 105). Spaltbar nach den Oktaederflächen, so daß man leicht oktaedrische Spaltungsstücke herstellen kann. $H. = 4$, $G. = 3,2$. Glasglanz, farblos, gelb, rot, grün, blau, violett in prächtigen Farbentönen. Durchsichtig bis undurchsichtig. Die dunkelgrünen zeigen die Erscheinung der Fluoreszenz,



Fig. 104. Flußpat.



Fig. 105. Flußpat.
Durchkreuzungszwilling
von zwei Würfeln.

im durchfallenden Licht erscheinen sie grün, im zurückgeworfenen Licht aber blau gefärbt. Flußpat bildet häufig auch körnige bis dichte Aggregate. Findet sich auf Gängen, besonders Erzgängen im Harz, Schwarzwald, Erzgebirge,

England; in Drusen von Granit bei Striegau in Schlesien, Göschenen (rosa), Baveno, bei Meiringen (farblos). Dient zur Darstellung von Flußsäure, als Flußmittel bei Hüttenprozessen, der farblose zu Linsen mikroskopischer Objektive (Apochromate) usw.

Arholith enthält Natrium, Aluminium und Fluor, $3 \text{ NaF} \cdot \text{AlF}_3$; monoklin, Kristalle sind selten; meist verbe, großkörnige Aggregate. Nach drei aufeinander nahezu senkrechten Richtungen spaltbar; weiß, selten grau oder schwarz; mit eigentümlichem feuchten Glasglanz, durchscheinend; an der Lichtflamme leicht schmelzbar; gelbe Flammenfärbung. $H. = 2\frac{1}{2} - 3$, $G. = 2,9$. Enthält oft allerhand Erze eingeschlossen. Große Massen finden sich in Westgrönland und werden von dort geholt und zur Darstellung von Flußsäure, Naun, Soda, Natrium und Aluminium benutzt. Bei der Aluminiumdarstellung aus Beauzit (S. 106) vermittelt Arholith durch seine leichte Schmelzbarkeit die Abscheidung des Metalls durch den elektrischen Strom.

Atakamit ist eine Verbindung von Kupfer mit Chlor, Wasserstoff und Sauerstoff, $\text{CuCl}(\text{OH}) \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$. Bildet rhombische Kristalle, meist aber faserige und strahlige Aggregate, die grün sind und Malachit ähnlich sehen. Zum Unterschied gegen diesen braust Atakamit mit Salzsäure übergossen nicht auf und erteilt einer nicht leuchtenden Spiritus- oder Gasflamme blaue Färbung. $H. = 3 - 3\frac{1}{2}$, $G. = 3,8$. Findet sich in der Wüste Atakama und ist für Chile ein wichtiges Kupfererz. Auch in Australien.

V. Klasse. Kohlen saure Salze oder Karbonate.

Kalkspatgruppe.

Kalkspat ist kohlensaurer Kalk, CaCO_3 ; kristallisiert hexagonal-rhomboedrisch und spaltet sehr vollkommen nach einem

Rhomboeder, das als Grundrhomboeder (Fig. 106) angenommen wird. Der Formenreichtum der Kristalle ist sehr groß, als einfache Formen treten stumpfe und steile (Fig. 48) Rhomboeder und Skalenoeder (Fig. 107) auf; ihre Vereinigungen sind je nach dem Träger prismatisch, rhomboedrisch oder skalenoedrisch. Eine häufige Vereinigung stellt Fig. 108 dar, Prisma erster Stellung mit einem negativen stumpfen Rhomboeder (1010 · 0112), eine andere Fig. 40, Prisma mit Basis. Zwillingbildung ist häufig, Zwillingsebene ist entweder die Basis (Fig. 109) oder eine



Fig. 106. Kalkspat.
Spaltungsstück.



Fig. 107. Kalkspat.
Skalenoeder.

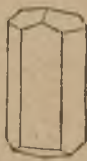


Fig. 108. Kalkspat.
Prisma mit
Rhomboeder.



Fig. 109. Kalkspat.
Skalenoeder,
Zwilling nach der
Basis.

Rhomboederfläche. Durchsichtig bis undurchsichtig, farblos oder gefärbt; Glasglanz. Der farblose, durchsichtige Kalkspat zeigt besonders deutlich die Erscheinung der Doppelbrechung, heißt daher auch Doppelspat (von Island). Spröde, H. = 3, G. = 2,7. Mit Säuren übergossen braust Kalkspat schon in der Kälte stark auf, indem die Kohlensäure entweicht. Flammfärbung gelbrot. Die derben Aggregate von Kalkspat sind körnig (weißer Marmor), stenglig, faserig, oder dicht (Kalkstein), seltener erdig (Schreibkreide). Der Kalkstein ist oft reich an versteinerten Tieren, die ehe-

mals im Meere gelebt haben; er ist mit diesen und durch diese, z. B. durch die Korallen, aus dem Meerwasser abgetrennt und später durch Verschiebungen von Wasser und Land aus dem Meer emporgehoben worden. Die immer nur aufgewachsen vorkommenden Kristalle von Kalkspat sind auf andere Weise entstanden: Wasser, das Kohlensäure enthält, nimmt aus dem Kalkstein kohlensauren Kalk auf, der sich später wieder absetzt, wenn die Kohlensäure entweicht, und in Höhlen den Tropfstein bildet, in Bächen den Kalksinter (Travertin von Tivoli bei Rom), in Klüften stenglige und faserige Aggregate oder Kristalle. Als verhältnismäßig leicht lösliches Mineral ist Kalkspat oft unter Erhaltung seiner Form durch schwerer lösliche verdrängt worden, und Pseudomorphosen haben sich gebildet, z. B. solche von Zinkspat oder Koteisenstein nach Kalkspat. In gleicher Weise sind Kalklager verdrängt und zu Erzlagerstätten geworden.

Kalkspat ist nach Quarz das häufigste Mineral; der dichte Kalkstein bildet mächtige Gebirge und findet sich überall; weißer Marmor kommt am schönsten bei Paros in Griechenland und Carrara in Italien vor, ist auch sonst, z. B. in den Alpen, nicht selten. Schöne Kristalle von Kalkspat finden sich bei Andreasberg im Harz, Freiberg und Niederrabenstein bei Chemnitz in Sachsen, Groß-Sachsenheim in Württemberg, in Derbyshire, Cumberland, bei Joplin in Missouri und an vielen andern Orten.

Der Doppelspat wird zu optischen Apparaten benutzt, der weiße Marmor zu Bildhauerarbeiten; auch schön gefärbter Kalkstein, bunter Marmor, wird geschliffen und vielfach benutzt. Der gemeine Kalkstein wird als Baustein und, gebrannt, zur Mörtelbereitung benutzt, feinschieferige Kalksteine (von Solnhofen) liefern lithographische Steine.

Magnesit (Bitterspat z. T.) ist kohlensaure Magnesia, $MgCO_3$, und kristallisiert als einfaches Rhomboeder (Fig. 106),

auch dessen Flächen er leicht spaltet. Nicht selten findet er sich auch in dichten, weißen Knollen. $H. = 4\frac{1}{2}$, $G. = 3$. Braust mit Salzsäure erst in der Wärme. Die Kristalle finden sich eingewachsen in Talk- und Chloritschiefer der Alpen, die Knollen bei Frankenstein in Schlesien, am Kaiserstuhl in Baden usw.; sie wurden zur Darstellung von reiner Kohlensäure benutzt. Jetzt wird die in vielen Gegenden, z. B. im Brohltal b. Andernach aus der Erde strömende Kohlensäure verdichtet und in Stahlbomben weithin verschickt.

Dolomit (Bitterspat z. T.) besteht aus kohlensaurem Kalk und kohlensaurer Magnesia (Ca, MgCO_3); bildet einfache Rhomboeder (Fig. 106), hauptsächlich aber körnige, oft poröse Massen, die mächtige Berge zusammensetzen (Südtirol, Gerolstein in der Eifel). $H. = 4$, $G. = 2,9$. Weiß, gelb, grau; durchsichtig, meist trüb und fast undurchsichtig. Braust mit Salzsäure erst in der Wärme.

Eisenspat (Spateisenstein) ist kohlensaures Eisenoxydul, FeCO_3 . Die Kristalle sind einfache Rhomboeder (Fig. 106); häufiger sind körnige Aggregate. Spaltbar nach den Rhomboederflächen. Hellgelb bis braun, durchscheinend bis undurchsichtig. $H. = 4$, $G. = 3,9$. In heißer Salzsäure unter Aufbrausen löslich; die Lösung wird gelb. Wird durch Erhitzen auf Kohle magnetisch. Verwittert leicht, wird dunkler und matt und geht schließlich in Brauneisenstein über; man findet daher häufig Pseudomorphosen von Brauneisenstein nach Eisenspat. Sehr wichtiges Eisenerz; wird im Siegenischen, bei Hüttenberg in Kärnten, Eisenerz in Steiermark und an andern Orten gewonnen. Kugelförmige Aggregate (Sphärosiderit) finden sich hier und da in Basalt (Steinheim bei Hanau); durch Ton verunreinigte Massen (toniger Sphärosiderit), oft Versteinerungen enthaltend, kommen im Saargebiet, mit Kohle gemischt (Kohleneisenstein) in Westfalen und England vor und sind sehr wertvolle Eisenerze.

Zinkspat (Galmei), kohlenstoffreiches Zink, ZnCO_3 , bildet in der Regel faserige bis dichte oder erdige Aggregate mit nierenförmiger, traubiger Oberfläche; weiß, gelb, grau, auch grün und blau; glasglänzend, durchscheinend. $H. = 5$, $G. = 4,5$. Gibt auf Kohle geglüht gelben Beschlag. Findet sich in großen, zum Teil erdigen Massen bei Tarnowitz und Beuthen in Oberschlesien, bei Aachen, Brilon in Westfalen, früher bei Wiesloch in Baden; Raibl in Kärnten, in Spanien, bei Laurium in Griechenland usw. Sehr wichtiges Zinkerz.

Die genannten Karbonate der Kalkspatgruppe sind miteinander isomorph und lassen sich alle nach den Flächen eines Rhomboeders leicht spalten. Es gehört noch hierher der rote Manganspat (MnCO_3) und die isomorphen Mischungen Braunspat, Ankerit und Mesitinspat, die zum Teil, wie auch schon Dolomit, in sattelförmig gekrümmten Rhomboedern kristallisieren. Es schließt sich an eine zweite Gruppe von isomorphen Karbonaten, die Aragonitgruppe, deren Glieder rhombisch kristallisieren. In beiden Gruppen tritt kohlenstoffreicher Kalk (als Kalkspat und Aragonit) auf, der also dimorph ist. Beide Gruppen werden hierdurch zu einer isodimorphen Reihe verbunden.

Aragonitgruppe.

Aragonit ist kohlenstoffreicher Kalk, CaCO_3 , bildet rhombische Kristalle (Fig. 110), begrenzt von Vertikalprisma (110), Längsfläche (010) und einem Längsprisma (011); sehr häufig in Zwillingen, die eine Prismenfläche gemeinschaftlich haben (Fig. 111), auch in Drillingen, die oft wie hexagonal aussehen, besonders wenn sie am Ende nur von der Basis begrenzt sind (ähnlich der Fig. 40). Muschlicher Bruch, keine Spaltbarkeit, hieran von Kalkspat zu unterscheiden; $H. = 3\frac{1}{2}-4$, $G. = 2,9-3$; auch an dem höheren spezifischen

Gewicht kann man ihn leicht von Kalkspat unterscheiden. In kalter Salzsäure unter Brausen löslich; färbt die Flamme gelbroth. Außer in Kristallen in körnigen, faserigen, ästigen

(Eisenblüte) Aggregaten. Schöne Kristalle in Böhmen, Aragonien, Sizilien. Faserige, dichte und kugelige Massen als Absatz der Quellen von Karlsbad (Sprudelstein, Erbsenstein). Durchscheinender gelblicher und grünlicher, fast dichter Aragonit (fälschlich Onyx genannt) aus Mexiko wird zu Skulpturen, Briefbeschwerern, Tintenfassern u. dgl. verarbeitet.



Fig. 110.
Aragonit.
Einfacher Kristall.



Fig. 111.
Aragonit.
Zwillings.

Mit Aragonit sind isomorph: Weißbleierz (PbCO_3), bildet farblose oder weiße, diamantglänzende, spröde Kristalle, die rhombisch sind, wie Aragonit, oft aber infolge von Zwillingsbildung wie hexagonale Pyramiden aussehen. Gibt auf Kohle erhitzt ein Bleikorn. Findet sich meist mit Bleiglanz zusammen, durch dessen Verwitterung es entstanden ist. Witherit (BaCO_3) und Strontianit (SrCO_3) bilden ähnlich aussehende Kristalle oder häufiger körnige, stenglige und faserige Aggregate; mit Salzsäure befeuchtet in eine nicht leuchtende Spiritus- oder Gasflamme gebracht, gibt Witherit gelbgrüne, Strontianit rote Färbung. Anwendung zu Grün- und Rotfeuer. Strontianit wird in der Zuckerindustrie zur Abscheidung von schwer löslichem Strontium-saccharat benutzt.

Malachit und **Kupferlasur** bestehen aus Kupferoxyd, Kohlensäure und Wasser und sind beide monoklin; mit Salzsäure übergossen brausen sie auf. Malachit, $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$,

ist grün, faserig, strahlig; Kupferlasur, $2 \text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu(OH)}_2$, dunkelblau, öfters in schönen monoklinen Kristallen, z. B. bei Tjumb in Deutsch-Südwestafrika. Beide entstehen bei Verwitterung von Kupfererzen und sind sehr häufig. Große Massen von radialfaserigem, heller und dunkler grün gestreiftem Malachit mit nierenförmiger Oberfläche kommen im Ural vor und werden zu Vasen und anderen Biergegenständen verarbeitet.

VI. Klasse. Salpetersaure Salze oder Nitrate.

Natronsalpeter (Chilesalpeter), NaNO_3 , kristallisiert in Rhomboedern wie Kalkspat (Fig. 106), bildet aber fast immer körnige, allerhand Verunreinigungen enthaltende Massen. Weiß, gelb, grau; ist in Wasser leicht löslich, zerfließt sogar schon an der feuchten Luft; spaltbar wie Kalkspat nach den Rhomboederflächen. Mächtige Lager finden sich in regenlosen Gebieten des nördlichen Chile. Wird als Düngemittel, zur Darstellung von Salpetersäure und von Kalisalpeter (KNO_3) benutzt (vgl. S. 109). Dieser findet sich nur als Ausblüfung des Bodens, nicht in mächtigen Lagern; er kristallisiert rhombisch wie Aragonit (Fig. 110), bleibt auch an feuchter Luft trocken und kann daher zu Schießpulver benutzt werden, wozu Natronsalpeter nicht geeignet ist.

Aus den bei der Umkristallisation des Natronsalpeters zurückbleibenden Mutterlaugen wird jetzt das meiste in den Handel kommende Jod gewonnen.

VII. Klasse. Borsäure Salze oder Borate.

Borazit ist eine Verbindung von borsäurem Magnesium mit Chlormagnesium, $2 \text{Mg}_3\text{B}_8\text{O}_{15} \cdot \text{MgCl}_2$, kristallisiert in regulären, ausgezeichnet tetraedrischen Formen, an denen

Würfel, Rhombendodekaeder oder Tetraeder (Fig. 23, 27) vorherrscht. Eine häufige Vereinerung stellt Fig. 112 vor: Würfel mit Rhombendodekaeder und Tetraeder. Die immer



Fig. 112. Borazit.

nur kleinen Kristalle sind glasglänzend, durchsichtig bis durchscheinend, farblos, grau oder gelblich und finden sich in Gips eingewachsen bei Lüneburg, Eime und Wehmingen in Hannover und Segeberg in Holstein; auch im Carnallit von Staßfurt, in dem er dichte, weiße Massen bildet.

Borax oder Tinkal ist wasserhaltiges borfaures Natron, $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$, kristallisiert monoklin, die Form der Kristalle ist der Form von Augit (Fig. 123) sehr ähnlich. Farblos, durchsichtig oder trüb und undurchsichtig; fettglänzend, $H. = 2 - 2\frac{1}{2}$, $G. = 1,7$. In Wasser löslich. Findet sich als Absatz gewisser Seen, der sogenannten Boraxseen im westlichen Tibet, in Kalifornien und Nevada, von wo große Mengen in Handel gebracht werden. Sehr viel Borax wird aber auch aus der in Toskana gewonnenen Borfaure (S. 106) fabrikmäßig dargestellt.

VIII. Klasse. Schwefelsaure Salze oder Sulfate.

Schwerspat oder Baryt ist schwefelsaures Barium, BaSO_4 . Rhombisch, die Kristalle sind tafelig oder prismatisch, häufige



Fig. 113.

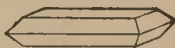


Fig. 114. Schwerspat.



Fig. 115.

Vereinerungen sind Vertikalprisma mit Basis (Fig. 113) oder Quer- und Längsprisma mit Basis (Fig. 114 und 115).

Spaltbar nach dem Vertikalprisma und der Basis; weiß, gelb, rötlich oder bläulich; durchsichtig, meist trüb und undurchsichtig. Glasglanz. $H. = 3-3\frac{1}{2}$, $G. = 4,5$. Die großen Massen bilden körnige, blättrige, stenglige Aggregate, die durch ihre Schwere und Spaltbarkeit von ähnlich aussehenden leicht zu unterscheiden sind. Die Kristalle finden sich besonders auf Erzgängen im Harz, Erzgebirge, in Böhmen, England usw. Derber Schwerspat in großen Massen im Thüringer Wald, in Hessen, im Schwarzwald, Harz usw. Wird zur Verstärkung von Papier und zu weißer Farbe benutzt und ist das wichtigste Rohmaterial zur Darstellung von Bariumpräparaten. Mit Schwerspat sind isomorph: Zölestin, $SrSO_4$; farblose, prismatische Kristalle kommen mit Schwefel in Sizilien vor, blaue faserige Platten im Muschelfalk bei Jena, große tafelige Kristalle bei Gemböck in Waldeck; am Erie-See. Bleivitriol, $PbSO_4$, bildet farblose, diamantglänzende Kristalle in verwittertem Bleiglanz; Siegen, Sardinien.

Anhydrit ist schwefelsaures Kalzium, $CaSO_4$; rhombisch; kleine prismatische Kristalle im Rieserit von Stassfurt, sonst fast immer derb, grob- bis feinkörnig; spaltbar nach den drei aufeinander senkrechten Endflächen $(001) \cdot (010) \cdot (100)$, durchsichtig oder durchscheinend, glasglänzend, farblos, weiß, grau, rot, bläulich. $H. = 3$, $G. = 3$. Kommt fast stets mit Steinsalz zusammen vor (siehe dies); geht durch Aufnahme von Wasser in Gips über.

Gips ist wasserhaltiges schwefelsaures Kalzium, $CaSO_4 \cdot 2H_2O$; kristallisiert monoklin. Die Kristalle sind begrenzt von Vertikalprisma (mit $111\frac{1}{2}^\circ$), Längsfläche und Pyramide oder Längsprisma (Fig. 116), oft sind sie linsenförmig gekrümmt. Zwillingbildung ist häufig, wegen ihrer Form (vgl. Fig. 117) werden die Zwillinge Schwalbenschwanzzwillinge genannt; Zwillingsebene ist meist die Querfläche.

Gips ist nach der Längsfläche sehr vollkommen spaltbar, weniger gut, aber immer noch deutlich spaltet er nach zwei weiteren Richtungen, und diese Spaltflächen werden nach



Fig. 116. Gips.
Ein einfacher
Kristall.

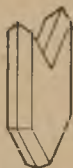


Fig. 117. Gips.
Schwalben-
schwanzzwilling.

ihrer Beschaffenheit als musch-
liger Bruch (parallel der Quer-
fläche) und faseriger Bruch un-
terschieden. Farblos, auch gelb-
lich, grau und rot; durchsichtig
oder durchscheinend. Glasglanz,
auf der Hauptsplattfläche Perl-
mutterglanz. $H. = 2, G. = 2, 3$.
Große, klar durchsichtige, farb-
lose Kristalle finden sich in Gips-
höhlen, z. B. bei Reinhardt's-

brunn im Thüringer Wald, große gelbliche Schwalbenschwanz-
kristalle am Montmartre bei Paris, kleinere Kristalle bei
Berchtesgaden und an anderen Orten im Salzgebirge,
Kristallgruppen finden sich nicht selten im Ton. Die derben
Massen sind großspätig, faserig oder meist körnig; reiner,
feinkörniger Gips heißt Marmor. Die körnigen Massen,
die mit und ohne Steinsalz vorkommen, sind vom Meer,
die Kristalle und faserigen Aggregate auf Hohlräumen und
Klüften von Wasser, das Gips gelöst hatte, angefüllt.

Durch Erwärmen auf 120° verliert er den größten Teil
seines Wassers, indem er in das Halbhädrat $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$
übergeht; dieser „gebrannte“ Gips nimmt in Berührung mit
Wasser das verlorene wieder auf und wird fest. Hierauf beruht
seine Verwendbarkeit zu Stuck, Abgüssen und Verbänden.
Durch stärkeres Erhitzen wird Gips wasserfrei, „tot“ gebrannt
und ist dann nicht mehr zu Abgüssen brauchbar. Geglüheter Gips,
der „Streichgips“, gibt einen haltbaren Mörtel. Seit kurzem
dient Gips zur Gewinnung von Schwefel und Schwefelsäure.
Marmor wird zu Vasen, Skulpturen u. dgl. verarbeitet.

IX. Klasse. Wolframsaure Salze.

Wolframit ist eine Mischung von wolframsaurem Eisen und Mangan $(\text{Fe, Mn})\text{WO}_4$; bildet monokline Kristalle, metallglänzend, undurchsichtig, schwarz mit dunkel-rotbraunem Strich. $H. = 5-5\frac{1}{2}$, $G. = 7-7,5$. Findet sich besonders schön im Erzgebirge mit Zinnstein zusammen und kommt in größeren Mengen in Spanien und Australien vor. Wird zur Darstellung der Wolframpräparate, als Zusatz zu Stahl (Wolframstahl) und das aus ihm hergestellte reine Wolfram wegen seiner schweren Schmelzbarkeit zu den Fäden elektrischer Glühlampen benutzt.

Scheelit ist wolframsaurer Kalk, CaWO_4 , kristallisiert in quadratischen Pyramiden, gelb, glasglänzend, durchscheinend. $H. = 4\frac{1}{2}-5$, $G. = 6$. Findet sich mit Wolframit zusammen und wird wie dieser benutzt.

X. Klasse. Phosphorsaure Salze oder Phosphate.

Apatit ist chlor- und fluorhaltiger phosphorsaurer Kalk, $3\text{Ca}_3\text{P}_2\text{O}_8 \cdot \text{Ca}(\text{Cl, F})_2$. Hexagonal. Außer dem Prisma erster Stellung treten Pyramiden erster und zweiter Stellung, die Basis und dihexagonale Pyramiden auf, letztere aber nur mit der Hälfte der Flächen (die Kante zwischen Prisma erster und der Pyramide zweiter Stellung abstumpfend), so daß Apatit (pyramidal-) hemiedrisch ist (Fig. 118). Durchsichtig bis undurchsichtig, glasglänzend, farblos, gelb, braun, grün, blaugrün, violett usw.; unvollkommen spaltbar nach der Basis. $H. = 5$, $G. = 3,2$. Sehr verbreitetes Mineral; aufgewachsen in Gängen im Erzgebirge, in den Alpen usw.; eingewachsen in meist nur mikroskopisch kleinen Kri-



Fig. 118. Apatit.

stallen in fast allen Eruptivgesteinen und hierdurch über die ganze Erde verbreitet, so daß wir im Apatit den Träger des Phosphors zu erblicken haben. Besonders große eingewachsene Kristalle kommen in Kanada vor. Dichte und erdige Massen (Phosphorit) in mächtigen Lagern an der unteren Lahn in Nassau, bei Amberg in Bayern, in Belgien, vor allem in den Vereinigten Staaten (Florida), werden zu Düngemittel (Superphosphat) verarbeitet.

An Apatit schließt sich an: das in bauchigen, faßförmigen sechsseitigen Prismen vorkommende braune oder grüne Braunbleierz (Pyromorphit), $3\text{Pb}_3\text{P}_2\text{O}_8 \cdot \text{PbCl}_2$, meist auf Bleiglanz sitzend (Gms), und der selteneren, ebenfalls hexagonale, meist gelbe Mimetesit, die entsprechende Blei-Arsenverbindung, $3\text{Pb}_3\text{As}_2\text{O}_8 \cdot \text{PbCl}_2$. Beide lassen sich leicht dadurch unterscheiden, daß ersterer auf Kohle zu einem kristallinisch erstarrenden Korn schmilzt, letzterer aber ein Bleikorn gibt.

Türkis. Zu den Phosphaten gehört ferner der dichte, undurchsichtige, wegen seiner schönen blauen Farbe als Edelstein geschätzte Türkis (wasserhaltige phosphorsaure Tonerde), der namentlich aus Persien zu uns kommt, wo er auf schmalen Klüften in Kieselstiefen sich findet. Grüner, wenig geschätzter Türkis findet sich auch in Schlesien, besserer und schleifwürdiger Türkis kommt in Arizona und Nevada vor.

XI. Klasse. Kieselsaure Salze oder Silikate.

Die Kieselsauren Salze sind Verbindungen von Kieselsäure mit Basen, von denen Kali, Natron, Kalk, Magnesia, Eisen und Tonerde am häufigsten sind. Sie enthalten entweder nur eine dieser Basen oder mehrere. Die Zahl der

Silikate ist sehr groß, weil die Bestandteile in verschiedenen Verhältnissen vereinigt sein können. Viele Silikate sind wichtig, weil sie wesentliche Gemengteile verbreiteter Gesteine sind und daher an dem Aufbau der festen Erdkruste und der Ackerkrume erheblichen Anteil haben, andere, weil sie als Edelstein oder sonstwie Verwendung finden; nur die wichtigsten können wir hier nennen. Die, welche durch ihre Verwandtschaft zusammengehören, fassen wir immer in eine Gruppe zusammen.

Feldspatgruppe.

Außer Feldspat rechnen wir Leuzit und Nephelin zu dieser Gruppe, da sie die gleichen Bestandteile wie Feldspat enthalten. Die eigentlichen Feldspate kristallisieren monoklin und triklin, alle spalten deutlich nach zwei Richtungen, die bei den monoklinen aufeinander senkrecht, bei den triklinen etwas schief zueinander sind; in Rücksicht auf die Spaltbarkeit nennt man die monoklinen Orthoklas (gerad spaltend), die triklinen Plagioklas (schief spaltend). Die bessere Spaltfläche nimmt man als Basis an, die andere als Längsfläche. Die Kristalle aller Feldspate sehen einander ähnlich und sind äußerlich oft schwer zu unterscheiden. Ein wesentlicher Unterschied liegt in ihrer chemischen Zusammensetzung: der monokline ist eine Verbindung von Kali, Tonerde und Kieselsäure, also Kalifeldspat, die triklinen enthalten statt Kali entweder Natron (Natronfeldspat) oder Kalk (Kalkfeldspat) oder beides (Kalknatronfeldspat) in isomorpher Mischung. Bei der Verwitterung dieser Mineralien entstehen entweder durch Wasseraufnahme Zeolithe oder durch Verlust der alkalischen Bestandteile Kaolin und Ton. Das Kali aus dem verwitternden Kalifeldspat und dem Leuzit wird von der Erde aufgenommen und bewirkt große Fruchtbarkeit des Bodens.

Orthoklas ist monokliner Kalifeldspat, KAlSi_3O_8 . Die Kristalle (Fig. 119, auch S. 49) sind begrenzt vom Vertikalprisma (T), der Längsfläche (M),

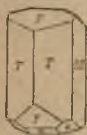


Fig. 119.
Feldspat.
Einfacher
Kristall.

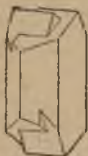


Fig. 120.
Feldspat.
Karlsbader
Zwilling.

der Basis (P), hinteren Schiefendflächen (x, y) und oft noch von einer hinteren Pyramide (o). Träger der Vereinigung ist entweder Prisma und Längsfläche, oder Basis und Längsfläche. Häufig sind die Kristalle zu Zwillingen verwachsen. Karlsbader Zwillinge haben die Quersfläche (100) gemeinschaftlich

und sind Durchkreuzungszwillinge (Fig. 120, die Kristalle sind hier begrenzt vom Vertikalprisma, der Längsfläche, Basis und einer steiler hinteren Schiefendfläche). Bavenoer Zwillinge haben eine Fläche des Längsprismas (021), Manebacher die Basis (001) gemein und sind Berührungszwillinge. $H. = 6, G. = 2,5 - 2,6$. Nach Farbe und Aussehen wird unterschieden: Gemeiner Feldspat, trüb, fast undurchsichtig, weiß, grau, gelblich, rötlich, auch grünlich. Ist wesentlicher Gemengteil von Granit, Gneis, Schenit, Porphyr. Schöne Kristalle finden sich bei Striegau in Schlesien, bei Karlsbad, im Fichtelgebirge, bei Baveno am Lago maggiore. Sanidin (glasiger Feldspat) ist klar, durchscheinend, farblos, rissig. Bestandteil von Trachytgesteinen, am Laacher See, im Siebengebirge. Adular, farblos, klar, durchsichtig, nicht rissig; findet sich auf Klüften von Silikatgesteinen in den Alpen usw. Zeigt bisweilen einen bläulichen Lichtschein und wird dann unter dem Namen Mondstein als Edelstein benutzt, besonders solcher von Ceylon.

Kalifeldspat ist auch der Mikroklin, der äußerlich nicht vom trüben, gemeinen Feldspat zu unterscheiden ist, wegen gewisser physikalischer Eigenschaften aber für triklin gehalten

wird. Eine rein grüne Varietät ist der als Edelstein zur Verwendung kommende Amazonenstein, der im Ural, am Amazonenstrom und am Pike's Peak in Colorado sich findet.

Plagioklas. a) Natronfeldspat oder Albit, $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$. Triklin. Die Form der einfachen Kristalle ist der vom Orthoklas sehr ähnlich (vgl. Fig. 121 und 119), meist aber bildet er Zwillinge, die nach der Längsfläche verwachsen sind (Fig. 122); die Basisflächen bilden dann an einem Ende flach einspringende, am andern flach auspringende Winkel. Weiß, durchsichtig oder durchscheinend, glasglänzend. Findet sich auf Klüften in Silikatgesteinen, z. B. in den Alpen, bei Striegau in Schlesien, im Fichtelgebirge.



Fig. 121. Albit.
Einfach. Kristall.



Fig. 122. Albit.
Zwilling.

b) Kalkfeldspat oder Anorthit, $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$, bildet kleine, weiße, triklone Kristalle; ist selten. Besub.

c) Kaltnatronfeldspate sind isomorphe Mischungen der beiden vorhergehenden und wie diese triklin kristallisiert, besonders häufig auch verb. Das Charakteristische für die verb. Massen ist, daß die Zwillingbildung nach der Längsfläche sich vielemals wiederholt, so daß die Hauptspaltfläche (001) gestreift erscheint; sie heißen deswegen auch gestreifte Feldspate, im Gegensatz zum ungestreiften monoklinen Orthoklas. Die Streifen laufen der von den beiden Spaltflächen gebildeten Kante parallel, jeder Streifen entspricht einem dünnen Individuum, das zu den beiden benachbarten in Zwillingstellung sich befindet. Je nachdem diese Feldspate mehr oder weniger Natron enthalten, unterscheidet man Oligoklas, Labradorit u. a. Der Labradorit zeigt bisweilen in gewissen Richtungen lebhaft schillernde Farben, besonders blau und

grün, und ist dann ein schleifwürdiger Edelstein. Diese Feldspate sind wesentliche Gemengteile von Basalt, Melaphyr, Diabas, Gabbro und andern Gesteinen und deswegen auf der Erde sehr verbreitet. Der farbenschildernde Labradorit kommt von der Labradorküste in Nordamerika.

Leuzit ist Kali-Tonerde-Silikat, KAlSi_2O_6 , die Kristalle haben reguläre Form, immer Ikositetraeder (211, Fig. 9); sie sind weiß oder grau, glasglänzend mit muschligem Bruch. Die Oberfläche der Kristalle ist meist rauh. $H. = 5\frac{1}{2}$ —6. $G. = 2,5$. Findet sich eingewachsen in den basaltischen Laven des Vesuv, in Phonolithen im Laacher Seegebiet, lose in den Tuffen des Albaner Gebirges. Leuzitreiche Gesteine werden als Kali-Düngemittel benutzt.

Nephelein ist Natron-Tonerde-Silikat, NaAlSiO_4 ; hexagonale Kristalle, begrenzt von Prisma und Basis (Fig. 40). $H. = 6$, $G. = 2,6$. Weiß oder grau, glasglänzend. Das Pulver scheidet, mit Salzsäure erwärmt, gallertartige Kieselsäure ab (es „gelatinirt“). Ist Bestandteil von Phonolith und manchen Basalten; aufgewachsene Kristalle finden sich am Vesuv (der Somma), in früher vom Vulkan ausgeworfenen Kalkblöcken. Eine derbe fettglänzende, trübe, rote oder grüne Varietät, der Gläolith, ist Bestandteil mancher Syenite, namentlich Norwegens.

Sodalithgruppe.

Die zu dieser Gruppe gehörigen Mineralien sind: Sodalith, Rosean, Hahn und Lasurstein; es sind Natron-Tonerde-Silikate, die Chlor oder Schwefel enthalten und in regulären Rhombendodekaedern kristallisieren. Sodalith ist chlorhaltig ($3\text{NaAlSiO}_4 \cdot \text{NaCl}$), meist farblos, aber auch blau, Rosean schwefelhaltig ($3\text{NaAlSiO}_4 \cdot \text{Na}_2\text{SO}_4$), meist braun, Hahn enthält neben Natron noch Kalk, ($3\text{NaAlSiO}_4 \cdot \text{CaSO}_4$),

meist blau; alle drei sind durch Salzsäure zersetzbar, aus Hauhn scheiden sich dabei Gipsnadelchen ab. Finden sich in Eruptivgesteinen am Naacher See, am Vesuv usw. Der Lasurstein oder Lapislazuli ist dunkelblau, undurchsichtig, bildet sehr feinkörnige, fast dichte Massen, die oft mit Körnchen von gelbem Schwefelkies und von Kalkspat durchsetzt sind. Findet sich in Zentralasien und wird zu Schmuckgegenständen verarbeitet; das reine Material lieferte früher eine sehr wertvolle blaue Farbe, die jetzt durch das künstliche Ultramarin ersetzt wird.

Zeolithgruppe.

Die Zeolithe sind kristallisierte wasserhaltige feldspatähnliche Silikate, die meist in Blasenräumen und auf Klüften von Eruptivgesteinen sich finden. Erhitzt man sie in einem unten zugeschmolzenen Glasröhrchen, so werden sie durch Wasserverlust trüb und matt, das Wasser schlägt sich an den Wänden des Röhrchens in Tropfen nieder. Beim Erhitzen schäumen sie auf, daher ihr Name (Siedesteine). Alle werden durch Salzsäure zersetzt.

Analzim, $\text{NaAlSi}_2\text{O}_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$, regulär, Kristalltetraeder (Fig. 9) oder Würfel mit Kristalltetraeder (100) · (211). Durchsichtig und farblos oder fast undurchsichtig und weiß oder rötlich; glasglänzend. H. = $5\frac{1}{2}$, G. = 2,2. Zyklopeninseln bei Catania (farblos), Südtirol (fleischrot).

Natrolith, $\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{10} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, rhombisch; die Kristalle, begrenzt von Prisma und Pyramide, sehen wie quadratisch aus; meist in weißen oder gelben, faserigen und strahligen Aggregaten. Durchsichtig bis undurchsichtig. An der Lichtflamme leicht schmelzbar. H. = $5\frac{1}{2}$, G. = 2,2. Gelbe Schnüre am Hohentwiel im Hegau; weiße, radialfaserige Aggregate bei Auffsig in Böhmen, in den hessischen und anderen Basalten und Phonolithen sehr häufig.

Chabasit ist wasserhaltiges Kalk-Tonerde-Silikat, kristallisiert in schönen Rhomboedern (ähnlich Fig. 47), die oft Durchwachsungszwillinge bilden. Farblos, weiß oder rot, durchsichtig oder durchscheinend, glasglänzend. $H. = 4\frac{1}{2}$, $G. = 2$. Besonders schön in blasigem Basalt bei Nidda am Vogelsberg, in Melaphyr bei Oberstein, in Phonolith bei Auffig in Böhmen; überhaupt häufig.

Harmotom und **Phillipsit** sind einander sehr ähnlich; sie bilden meist weiße, trübe, selten durchsichtige Kristalle, die rhombisch, quadratisch oder gar regulär aussehen, aber monoklin sind und durch vielfache versteckte Zwillingbildung jene einfachen Formen nachahmen. Auch deutliche Durchkreuzungszwillinge sind nicht selten, wegen deren Form beide Mineralien auch Kreuzsteine genannt werden. $H. = 4\frac{1}{2}$. Sie unterscheiden sich durch ihre Zusammensetzung: Harmotom ist Barium-, Phillipsit Kalzium-Tonerde-Silikat mit Wasser. Ersterer findet sich im Harz, bei Oberstein usw., Phillipsit im Vogelsberg, bei Marburg usw. Hierzu gehört ferner der meist in garbenförmigen Aggregaten kristallisierende Desmin von Andreasberg, den Färöer, Island. Der nach einer Richtung leicht spaltbare, auf der Spaltfläche (010) perlmutterglänzende weiße oder rote Blätterzeolith oder Heulandit ist wasserhaltiges Kalk-Tonerde-Silikat und bildet monokline, immer einfache Kristalle. $H. = 3\frac{1}{2}$ —4, $G. = 2,2$. Tirol, Färöer, Island.

Apophyllit ist wasserhaltiges Kalksilikat, ohne Tonerde, aber mit Fluorkalzium: $4(H_2CaSi_2O_6 \cdot H_2O) \cdot KF$. Die quadratischen Kristalle (Fig. 61) sind begrenzt von Prisma zweiter Stellung (100), Pyramide erster Stellung (111) und Basis (001), welche letztere öfters fehlt. Leicht spaltbar nach der Basis, auf der Spaltfläche perlmutterglänzend. Durchsichtig oder durchscheinend, farblos, weiß oder rosa. $H. = 4\frac{1}{2}$, $G. = 2,2$. Andreasberg am Harz liefert die schönsten,

Poonah in Ostindien die größten Kristalle; ferner auf den Färöer, bei Aussig in Böhmen.

Kaolin und Ton. Wenn die Mineralien der Feldspatgruppe, besonders Orthoklas, bei der Verwitterung oder unter Einwirkung von Thermalwasser ihre alkalischen Bestandteile verlieren, so bleibt nur Tonerde und Kieselsäure zurück, die zusammen mit Wasser Kaolin, $H_4Al_2Si_2O_9$, bilden. Reiner Kaolin ist weiß, erdig, weich und unschmelzbar; bildet mit Wasser angerührt eine plastische Masse, die beliebig geformt werden kann. Auf diesen Eigenschaften beruht die Anwendung des Kaolins zu Porzellan, er heißt daher auch Porzellanton. Findet sich bei Meißen in Sachsen, bei Halle und an anderen Orten. Ton ist ein durch Beimengungen verunreinigter Kaolin; er ist grau, gelb, rot, mit Wasser angerührt plastisch. Ist das Rohmaterial für Steingut, Pfeifen (Pfeisenton), irdene Gefäße (Töpferton), feuerfeste Steine. Neuerdings wird aus Kaolin oder Ton das Metall Aluminium dargestellt. Lehm ist ein an Kalk, Sand und Eisen reicher Ton von gelber Farbe. Wird zu Ziegeln gebrannt.

Augit- oder Pyroxengruppe.

Zu dieser Gruppe gehören rhombische, monokline und triklin Mineralien, die alle Spaltbarkeit nach einem Prisma besitzen. Am wichtigsten sind die monoklinen Glieder, besonders der eigentliche Augit, den wir daher an die Spitze stellen.

Augit ist ein Kalk-Magnesia-Silikat mit Eisen und Tonerde, kristallisiert monoklin. Die Kristalle sind begrenzt vom Prisma, der Längsfläche, Quersfläche und einem Längsprisma oder einer Pyramide (Fig. 123), deren Flächen auch als augitisches Paar bezeichnet werden. Zwillinge, nach der

Quersfläche verwachsen (Fig. 124), sind häufig. Spaltbar nach dem Prisma (110), ziemlich unvollkommen; dunkelgrün



Fig. 123. Augit.
Einfacher Kristall.



Fig. 124. Augit.
Zwilling.

oder dunkelbraun, fast schwarz. $H. = 5-6$, $G. = 3,3$. Ist wesentlicher Gemengteil vieler Gesteine (Basalt, Melaphyr, Diabas); ringsum ausgebildete Kristalle werden bisweilen von Vulkanen (Atna, Vesuv) ausgeworfen oder finden sich in vulkanischen Tuffen (Böh-

men, Rhön, Eifel, Saacher See). Aufgewachsene Kristalle finden sich in Klüften der Alpen usw.

Monokline Glieder der Pyroxengruppe sind noch: der farblose oder lauchgrüne, durchsichtige Diopsid, $CaMgSi_2O_6$, ohne Tonerde, der, von Granat und Chlorit begleitet, in den Alpen sich findet; ferner der nach einer Richtung sehr leicht spaltbare, braune, metallisch schimmernde Diallag, der mit Labradorfeldspat wesentlicher Gemengteil des Gabbro ist, und auch der weiße, fast immer derbe, strahlige oder blättrige Wollastonit, $CaSiO_3$.

Rhombische, tonerdefreie Glieder der Pyroxengruppe sind Enstatit, $MgSiO_3$, Bronzit und Hypersthen, $(Mg, Fe)SiO_3$, die sich wesentlich nur durch den Eisengehalt unterscheiden; sie finden sich eingewachsen in Gesteinen. Enstatit ist meist licht gefärbt mit Perlmutterglanz, Bronzit und Hypersthen sind dunkelbraun mit metallischem Schimmer auf den Spaltflächen. Alle drei sind meist derb. Ein triklinisches Glied heißt Rhodonit oder Mangankiesel, ist kieselsaures Mangan, $MnSiO_3$, fleischrot, meist derb; findet sich im Harz, Ural und wird zu Kunstgegenständen verarbeitet.

Hornblende- oder Amphibolgruppe.

Hornblende enthält dieselben Bestandteile wie Augit und ist gleichfalls monoklin. Die Kristalle sind begrenzt vom Prisma, der Längsfläche, einer Pyramide und der Basis (Fig. 125). Zwillinge nach der Quersfläche sehen aus wie hemimorphe Kristalle, haben an dem einen Ende vier, an dem andern nur zwei Flächen. Recht vollkommen nach dem Prisma spaltbar, die Spaltflächen lebhaft glänzend. Farbe dunkelgrün oder braun, immer fast schwarz. $H. = 5\frac{1}{2} - 6$. $G. = 3,1$. Gemengteil von Diorit, Sphenit, Trachyt, auch in Basalt. Kristalle in Tuffen des Vogelbergs, der Rhön, der Eifel, des Westerwalds, Böhmens.



Fig. 125.
Hornblende.

Monokline tonerdefreie Glieder der Amphibolgruppe sind der weiße Tremolit und der grüne Strahlstein, $CaMg_3Si_4O_{12}$, beide säulenförmig, in Kalk oder Schiefer eingewachsen, in den Alpen häufig. Nephrit ist dichter, verworrenfaseriger, zäher Strahlstein, von hellgrüner oder grauer Farbe; er wurde in vorhistorischen Zeiten als Werkzeug und Waffe benutzt und findet sich besonders im Kuen-Lun-Gebirge, auf Neuseeland, aber auch anstehend in Schlesien, im Harz, in den Alpen, im Ligurischen Apennin. Der ähnliche, oft weiße und smaragdgrün geäderte Jadeit ist ein feinkörniger natronreicher Pyroxen, wird besonders in Oberbirma gewonnen und in China zu allerhand Biergegenständen verarbeitet. Asbest ist sehr feinfaserige, weiße, biegsame Hornblende; wird zu unverbrennbaren Geweben verarbeitet (Bergschlacke).

Die Unterschiede zwischen Hornblende und Augit liegen in der Spaltbarkeit, die bei Hornblende viel deutlicher ist; der Winkel des Spaltungsprisma ist bei Augit fast ein

rechter (87°), bei Hornblende stumpf (124°); der Querschnitt durch Augit ist achtseitig, durch Hornblende sechseckig. Bei Augitzwillingen treten an einem Ende scharf einspringende Winkel auf, bei Hornblendezwillingen fehlen solche einspringende Winkel. Das spez. Gewicht von Augit (3,3) ist höher als das von Hornblende (3,1). In Augit ist das Kalziumsilikat mit dem Magnesiumsilikat in dem Verhältnis 1:1 verbunden, in Hornblende in dem Verhältnis 1:3.

Olivin ist eine isomorphe Mischung von kieselhaurer Magnesia mit kieselhaurem Eisenoxydul, $(Mg, Fe)_2SiO_4$. Findet sich in rhombischen Kristallen (Fig. 126 n Vertikalprisma, M Quersfläche, T Längsfläche, d Quersprisma, k Längsprisma, o Pyramide und oben die Basis), häufiger aber in unregelmäßigen Körnern. Gelbgrün, durchsichtig oder durchscheinend, glasglänzend, nach einer Richtung spaltbar. Bruch meist uneben. $H. = 6\frac{1}{2} - 7$, $G. = 3,4$. Verwittert leicht zu Serpentin; große Pseudomorphosen von Serpentin nach Olivin sind



Fig. 126.
Olivin.

von Snarum in Norwegen bekannt. Olivin ist Bestandteil des Basalts und in ihm in kleinen Kristallen oder Körnern, manchmal auch in größeren körnigen Aggregaten ausgeschieden; auch Bestandteil von Melaphyr und vielen Diabasen, also ein sehr verbreitetes Mineral; ein Gestein, der Olivinfels, besteht fast ganz aus Olivin; vulkanische, zum größten Teil aus Olivin bestehende Bomben findet man am Dreifser Weiher in der Eifel. Der durchsichtige, klare Olivin (Chrysolith oder Peridot) findet als Edelstein Verwendung und kommt hauptsächlich von der Insel Sebergot im Roten Meer.

Glimmergruppe.

Die Mineralien der Glimmergruppe sind nach einer Richtung sehr vollkommen spaltbar und elastisch biegsam; die Spaltfläche hat Perlmutterglanz. Es sind Tonerdesilikate, die außer Tonerde und Kieselsäure entweder vorwiegend Kali, Magnesia oder Lithion enthalten und hiernach als Kali-, Magnesia- und Lithionglimmer unterschieden werden können; sie enthalten außerdem noch Wasser und Fluor, die dunklen auch Eisen, so daß ihre Zusammensetzung sehr mannigfaltig ist. Alle sind monoklin, obwohl die Kristalle wie hexagonal aussehen; viel häufiger als Kristalle sind unregelmäßig begrenzte Blättchen oder schuppige Aggregate. $H. = 2 - 2\frac{1}{2}$.

Kaliglimmer (Muskovit) ist meist hellgelb gefärbt, nahezu farblos, auch schwach bräunlich und grünlich; durchsichtig. Wesentlicher Bestandteil von Granit, Gneis und Glimmerschiefer; findet sich manchmal (im Ural, in Ostafrika, Indien, Nordamerika) in großen Tafeln, die wegen ihrer Durchsichtigkeit und leichten Spaltbarkeit hier und da wie Fensterglas und wegen ihrer Widerstandsfähigkeit gegen Hitze vielfach an Ofen und Lampen benutzt werden; solcher durchsichtige Glimmer wird auch Marienglas genannt. Der reinste Glimmer wird in der Elektrotechnik als Isoliermittel verwendet.

Magnesiaglimmer (Biotit) ist durch Eisengehalt meist dunkel, braun oder grün; in dünnen Spaltblättchen immer durchsichtig. Ist als Gemengteil von Gesteinen (Granit, Gneis, Glimmerschiefer, Trachyt) sehr verbreitet und zeigt öfters als Kaliglimmer regelmäßigen sechsseitigen Umriss.

Lithionglimmer (Lepidolith) bildet meist rosenrote schuppige Aggregate; schmilzt ziemlich leicht und färbt eine nicht leuchtende Gas- oder Spiritusflamme purpurrot. Findet

sich bei Penig in Sachsen, Rozena in Mähren, im Ural, im Staate Maine in den Vereinigten Staaten; dient zur Darstellung von Lithionverbindungen. Ein eisenhaltiger brauner Lithionglimmer, der mit Zinnstein bei Zinnwald im Erzgebirge sich findet, heißt Zinnwaldit.

Chloritgruppe.

Die Mineralien dieser Gruppe sind gleichfalls nach einer Richtung sehr vollkommen spaltbar, aber gemein biegsam und dunkelgrün gefärbt, mit einem Stich ins Blaugrüne. H. = 1—2. Es sind magnesia- und eisenhaltige Tonerdesilikate mit Wasser, zum Unterschied gegen Glimmer frei von Alkalien. Ihrer Form nach scheinen sie ebenfalls hexagonal zu sein, sie sind aber wahrscheinlich alle monoklin. Die deutlichen Kristalle nennt man Pennin und Klinochlor, sie finden sich auf Klüften im Chloritschiefer an mehreren Orten in den Alpen. Die feinschuppigen Aggregate nennt man Chlorit, sie hauptsächlich bilden den in großen Massen auftretenden Chloritschiefer.

Talk-Serpentin-Gruppe.

Talk ist wasserhaltiges Magnesiumsilikat, $H_2Mg_3Si_4O_{12}$. Die derben blättrigen Massen sind nach einer Richtung sehr vollkommen spaltbar, gemein biegsam und wegen der geringen Härte (H. = 1) fettig anzufühlen. Weiß oder hellgrün, perlmutterglänzend, dünne Spaltblättchen sind durchsichtig. Talk bildet blättrige, schuppige und dichte Aggregate und findet sich in großen Massen, den Talkschiefer bildend, in den Alpen. Weißer, dichter Talk heißt Speckstein; er wird durch Brennen hart und liefert das beste Material für die Brenner der Gaslampen. Unreiner Talk heißt Topfstein, weil er

sich zu Töpfen verarbeiten läßt. Dichter Talk ist auch der meiste Bildstein oder Agalmatolith, aus dem in China allerhand Figuren geschnitten werden.

Meerschaum ist ebenfalls wasserhaltiges Magnesiumsilikat; bildet weiße, feinerdige, milde, poröse Knollen und findet sich hauptsächlich in Kleinasien. Wird zu Pfeifenköpfen und Zigarrenspitzen verarbeitet.

Serpentin ist gleichfalls wasserhaltiges Magnesiumsilikat, $H_4Mg_3Si_2O_9$, mit mehr oder weniger Eisenoxydul. Bildet ebensowenig wie Talk und Meerschaum Kristalle, sondern meist dichte Massen von grüner oder gelblicher Farbe, oft heller und dunkler gefleckt und gebändert; durchscheinend, meist undurchsichtig. G. = 2,7, H. = 3—4. Läßt sich polieren und auf der Drehbank verarbeiten. Serpentin ist sehr verbreitet und findet sich oft in großen Massen, ist aber immer aus anderen Magnesiumsilikaten, besonders aus Olivin, bei deren Verwitterung entstanden. Der dichte, dunkelfarbige Serpentin ist der gemeine Serpentin; hell gefärbten gelben nennt man edlen Serpentin; feinsaserige, seidenglänzende Aggregate nennt man Chrysolit, er wird wie Asbest (S. 131) verwendet; reine, hellgrüne dichte Massen Pikrolith. Große Massen von gemeinem Serpentin finden sich in Sachsen und werden zu mancherlei Gegenständen, wie Reibschalen, Wärmsteinen, Lampen, kleineren Skulpturen usw., verarbeitet.

Ein weiteres wasserhaltiges Magnesiumsilikat ist der grüne amorphe, erdige Garnierit von Neukaledonien, der wegen seines hohen Nickelgehalts eins der wichtigsten Nickelminerale geworden ist.

Granatgruppe.

Granat ist der Name für eine Reihe isomorpher Mineralien, die nach ihrer Zusammensetzung und Farbe verschie-

den, in ihrer Form aber gleich sind. Sie enthalten neben Kieselsäure entweder Tonerde (Tongranat) oder Eisenoxyd (Eisengranat), und außerdem Kalk, Eisenoxydul oder seltener Magnesia und Mangan, wonach man sie als Kalktongranat, Eisentongranat, Kalkeisengranat usw. unterscheiden kann. Die meisten Granaten sind isomorphe Mischungen dieser Granatverbindungen. Alle kristallisieren regulär, besonders als Rhombendodekaeder (Granatoeder Fig. 127), oder die Vereinigungen von diesem mit Kristalltetraeder (Fig. 128) und 48-Flächner (Fig. 129). Die Farbe ist meist rot in



Fig. 127.



Fig. 128. Granat.



Fig. 129.

verschiedenen Nuancen, aber auch weiß, grün und schwarz. Durchsichtig bis undurchsichtig, glasglänzend, H. = 7—8. Das spezifische Gewicht ist verschieden, aber immer über 3,4. Die durchsichtigen Granaten finden als Edelstein Verwendung, die früher fast ausschließlich geschliffenen roten Granaten hießen Karfunkelstein. Man unterscheidet jetzt die folgenden wichtigsten Varietäten.

Almandin, bläulichrot; oft große Kristalle eingewachsen in Glimmer- und Chloritschiefer; der durchsichtige Edelstein findet sich als Geschiebe auf Ceylon und in Indien. **Pyrop**, blutrot, rundliche Körner, in Serpentin eingewachsen oder lose, finden sich und werden geschliffen in Böhmen (böhmische Granaten). Ähnlich ist der in den Diamantlagern Südafrikas vorkommende, **Kaprubin** genannte Granat. Gelbrot ist der **Hessonit** oder **Kaneelstein**, der schön kristallisiert mit Di-

opfid in den Südalpen, als Geschiebe auf Ceylon sich findet. Grüne Granaten sind der gelblichgrüne Grossular vom Wiluifluß in Sibirien, der in Knollen vorkommende Demantoid und der smaragdgrüne Chromgranat. Schwarzer Granat ist der Melanit, der in vulkanischen Gesteinen am Perlerkopf i. d. Eifel, im Kaiserstuhl und im Albaner Gebirge sich findet. Weißer oder hellgelber Granat findet sich im Marmor von Auerbach an der Bergstraße, ist aber selten.

Beryll besteht aus Kieselsäure, Tonerde und der seltenen Beryllerde. Die hexagonalen Kristalle sind begrenzt von Prisma, Pyramiden erster und zweiter Stellung, dihexagonalen Pyramiden und der Basis. Durchsichtig oder durchscheinend, mit Glasglanz. $H. = 7\frac{1}{2}$, $G. = 2,7$. Spaltbar nach der Basis. Farblos, aber meist gefärbt. Nach der Farbe wird unterschieden: Gemeiner Beryll, gelb, durchsichtig oder undurchsichtig, oft in großen Kristallen, z. B. bei Bodenmais im Bährischen Wald. Aquamarin, meergrün, blaugrün; meist auf Drusenträumen in Granit aufgewachsen, Ural, Transbaikalien, Brasilien. Rosaberyll in Drusenträumen des Granits von Elba, Pala in Kalifornien und Madagaskar. Smaragd, schön grasgrün, oft rissig, kommt besonders von Muso in Kolumbien, wo er in Kalk eingewachsen ist; in Glimmerschiefer eingewachsen an der Tokowaja im Ural, im Salzburgerischen usw. Smaragd ist einer der wertvollsten Edelsteine; hochgeschätzt ist auch klarer Rosaberyll; weniger wertvoll ist Aquamarin, der gelbe (Goldberyll) und farbloser Beryll. Heliodor ist ein Goldberyll aus Deutsch-Südwestafrika.

Kieselzinterz (Kieselgalmei) ist wasserhaltiges, kiesel-saures Zint, $H_2Zn_2SiO_5$, kristallisiert rhombisch, in kleinen

farblosen, glasglänzenden hemimorphen Kristallen. (Fig. 130, Vertikalprisma mit großer Längsfläche und oben: 2 Querprismen, ein Längsprisma und Basis, unten: eine Pyramide.) Meist derb in faserigen und dichten Aggregaten mit nierenförmiger Oberfläche und dann trüb, weiß, gelb, grau. $H. = 5$, $G. = 3,4$. Findet sich bei Aachen, in Kärnten und an anderen Orten, oft zusammen mit wasserfreiem kieselsauren Zink, dem Wille mit (Zn_2SiO_4) , der in kleinen glasglänzenden, gelben hexagonalen Prismen kristallisiert. Wird auf Zink verhütet.



Fig. 130.
Kieselzinkterz.
Hemimorpher
Kristall.

Topasgruppe.

Topas besteht aus Kieselsäure, Tonerde und Fluor, $5 Al_2SiO_5 \cdot Al_2SiF_{10}$. Kristallisiert rhombisch; die stets aufgewachsenen und darum meist nur an einem Ende ausgebildeten Kristalle sind begrenzt von zwei Prismen (110) · (210), deren Flächen vertikal gestreift sind, von Pyramiden (111) auch (223), der Basis (001) und Längsprismen (021); eine einfache Vereinigung ist in Fig. 131 abgebildet, die beiden Vertikalprismen mit einer Pyramide. Farblos, hell- und dunkelgelb, grünlich oder bläulich; glasglänzend, durchsichtig oder durchscheinend. Spaltbar nach der Basis. $H. = 8$, $G. = 3,5$. Die wichtigsten Fundorte sind: Schneckenstein in Sachsen (hell weingelb), Brasilien (dunkel weingelb, farblos, blaugrün), Ural und Sibirien (farblos, meergrün und bläulich). Der gelbe Brasilianer Topas wird durch Blühen zart rosarot. Die durchsichtigen Topase sind geschätzte Edelsteine; indes die meisten Steine, die im Handel Topas



Fig. 131.
Topas von
Brasilien.

heißen, gehören zu Bergkristall (Rauchtopyas, Goldtopas, spanischer Topas, gebrannter Amethyst); am geringeren spezifischen Gewicht 2,65 kann man sie leicht von echtem Topas unterscheiden.

Andalusit ist kiesel-saure Tonerde, Al_2SiO_5 . Bildet rhombische, säulige Kristalle (110) • (001), die durchsichtig und grün oder rötlich, oder undurchsichtig und grau oder gelb sind; glasglänzend. $H. = 7\frac{1}{2}$, $G. = 3,2$. An der Oberfläche oft in hellen Glimmer umgewandelt. Der in Ton-schiefer eingewachsene enthält oft dunkle Teilchen eingeschlossen, die in Querschnitten als schwarzes Kreuz hervortreten, er heißt dann Chiasolith und wird als Amulett in manchen Ländern (Spanien, Frankreich) getragen. Andalusit findet sich in Tirol, Andalusien usw., Chiasolith in Nordspanien, bei Gefrees im Fichtelgebirge, in Massachusetts. Grüne, durchsichtige Andalusitkörner aus Brasilien werden als Edelstein benutzt.

Dieselbe Zusammensetzung wie Andalusit hat der blaue Zyanit oder Disthen, der in einzelnen flachen Säulen und strahligen Aggregaten im Glimmerschiefer der Alpen, besonders am Gotthard, sich findet; er ist triklin; die Härte wechselt auf verschiedenen Flächen zwischen $4\frac{1}{2}$ und 7. Ein drittes Mineral von der gleichen Zusammensetzung ist der Sillimanit, der faserig in kristallinen Schiefen, feinstenglig, stark glänzend (Glanzspat) als Einschluss in nieder-rheinischen Basalten vorkommt. Der kompliziert zusammengesetzte rhombische, braune und undurchsichtige Staurolith bildet häufig charakteristische Durchkreuzungszwillinge.

Turmalin ist ein sehr kompliziert zusammengesetztes borhaltiges Tonerdesilikat, kristallisiert hexagonal-rhomboedrisch und ist hemitomorph, womit das Auftreten von einem dreiseitigen Prisma zusammenhängt; der in Fig. 132 abgebil-

dete Kristall ist begrenzt von einem drei- und einem sechsseitigen Prisma, oben und unten von je zwei Rhomboedern, die aber am obern Ende steiler sind als am untern. Durch-



Fig. 132.
Turmalin. Gem-
morpher Kristall.

sichtig bis undurchsichtig, verschieden gefärbt, farblos, rot, grün, braun und schwarz (Schörl), die durchsichtigen sind stark dichroitisch (vgl. S. 62); nicht zu verwechseln damit ist die Erscheinung, daß ein Kristall an verschiedenen Stellen verschieden gefärbt ist, z. B. findet man eine grüne Hülle um einen roten Kern oder helle Kristalle mit dunklem Ende (Mohrenköpfe) oder andere, die an dem einen Ende rot, an dem anderen grün oder farblos sind. Durch Erhitzen oder Abkühlen werden sie stark polar elektrisch, durch Bestäuben mit Gemisch von Schwefel- und Mennigepulver leicht nachzuweisen (Pyroelektrizität). H. = 7, G. = 2,9—3,2. Der schwarze Turmalin ist in Graniten sehr verbreitet, der als Edelstein benutzte grüne, rosarote und farblose kommt aus dem Ural, Brasilien, Kalifornien und Madagaskar. Hellgrüne finden sich am Gotthard, Mohrenköpfe, aber auch sehr schönfarbige Kristalle in Granit auf Elba usw. Durchsichtiger Turmalin wird in der neueren Zeit mehr als früher als Edelstein geschliffen; seine mannigfaltige, bald zarte, bald satte Färbung zeichnet ihn vor vielen anderen aus.

Anhangsweise nennen wir einige weniger häufige Silikate:

Cordierit (Dichroit), rhombisch, meist Körner in Gneis. Bläulich, glasglänzend, durchsichtig, in dicken Stücken deutlich dichroitisch, blau und gelb. H. = $7\frac{1}{2}$, G. = 2,7. Klare Stücke von Ceylon werden als Edelstein verwertet (heißen im Handel Luchsaphir).

Brehnit, rhombische Tafeln, meist zu fächer- oder kugel-

förmigen Aggregaten vereinigt. Glasglänzend, gelbgrün, durchscheinend. $H. = 6\frac{1}{2}$.

Pistazit (Epidot), monokline, nach der Symmetrieachse säulenförmige Kristalle. Dunkelgelbgrün (pistaziengrün), glasglänzend, durchsichtig oder durchscheinend. $H. = 6\frac{1}{2}$. Die schönsten Kristalle kommen von der Knappenwand im Unterfulzbachtal (im Pinzgau).

Vesuvian, ausgezeichnet quadratische Kristalle, Vereinigung von Prisma und Pyramide erster Stellung mit Prisma zweiter Stellung und Basis ist häufig, die Kristalle sind oft sehr flächenreich. Grün und braun, durchsichtig oder durchscheinend, glasglänzend. $H. = 7$. Schöne Kristalle kommen vom Wiluifluß in Sibirien, Vesuv, Matal in Oberitalien, von Predazzo in Südtirol, Egg bei Christiansand in Norwegen.

Arginit, triklin, scharfwinklige, keilsförmige Kristalle, braun, durchsichtig, glasglänzend. $H. = 7$. Bourg d'Oisans im Dauphiné.

Datolith, monokline Kristalle, farblos, glasglänzend, durchsichtig. $H. = 5-5\frac{1}{2}$. Andreasberg am Harz, Seißer Alp in Tirol.

XII. Klasse. Harze.

Bernstein ist ein Harz, das aus vorweltlichen Nadelhölzern (*Pinites succinifer*) geflossen ist. Seine Farbe ist gelb in verschiedenen Nuancen, er ist bald klar durchsichtig, bald wolfig getrübt bis undurchsichtig. $G. = 1,1$, $H. = 2$; spröde, aber doch auf der Drehbank leicht zu bearbeiten und gut zu polieren. Wird durch Reiben leicht elektrisch und vermag leichte Körperchen, wie Papierschnitzel, anzuziehen; da diese Eigenschaft am Bernstein, den die Alten Elektron nannten, zuerst beobachtet worden war, so wurde sie nach ihm Elektrizität genannt. Der klare Bernstein enthält bis-

weilen Insekten eingeschlossen, die aussehen, als wären sie erst vor kurzer Zeit von der schützenden Masse umhüllt, von deren Substanz jedoch nichts mehr übriggeblieben ist. Er kommt hauptsächlich aus den preussischen Ostseeländern und findet sich in Form von größeren und kleineren Knollen ursprünglich in einem bläulichgrünen Sand, der sog. blauen Erde; durch den Wellenschlag des Meeres wird er aus dem Sand herausgespült und an dem Strand der Ostsee an das Land geworfen. Gewonnen wird er in Bergwerken bei Palmniken nördlich von Pillau oder aus dem Grund des Kurischen Haffes durch Baggern, oder auf der See und am Strand durch Auffischen und Sammeln der losen Stücke. Benutzt wird Bernstein zu Zigarren- und Pfeifenspitzen und zu Schmuckstücken; die trüben, kleinen Körner zum Räuchern, zur Herstellung von Bernsteinfirnis und zu anderen Zwecken.

Erdöl, Asphalt und die Kohlen sind in dem Bändchen „Geologie“ dieser Sammlung besprochen worden. Da sie nicht zu den Mineralien gehören, können wir sie hier übergehen.



Register.

Ableitungszahlen	23	Bergflachs	131	Chrsfoll	135
Abraumjalze	109	Berggold	75	Cohenst	78
Achat	101	Bergkristall	100	Cordierit	140
Achsenkreuze	19	Berustein	141	Datolith	141
Achsenverhältnis	22	Berull	137	Deckstie	18
Achtundvierzigfacher	29	Bicqjam	60	Dehbar	60
Adular	124	Bildstein	135	Demanoid	137
Agatmatolith	135	Biotit	133	Desmin	128
Aggregat	56	Bitterapat	113	Diallag	130
Alabaster	120	Blattererz	93	Diamant	78, 81
Albit	125	Blatterzeolith	128	Dichroismus	62
Almandin	136	Blenlang	84	Dichroit	145
Almoham	78	Blenvitriol	119	Dimorphie	70
Amazonitstein	125	Blende	83, 85	Diopside	43
Amethyst	100	Böhmerz	106	Diopsid	130
Amorvon	56	Borax	118	Dipyeder	34
Amzibolgruppe	131	Borazit	117	Düthen	139
Anazit	127	Borit	82	Dolomit	114
Anatas	104	Bournonit	93	Doppelbrechung	61
Andalusit	139	Braunbierz	122	Doppelapat	112
Anhydrit	119	Braunstein	105	Drue	54
Ankerit	115	Braunpat	105	(Edelopal	102
Anorthit	125	Braunstein	105	Einfache Kristallform	12
Anthon	79	Bronze	8, 77	Einbluße	55
Antimonglanz	84	Bronzit	130	Eis	94
Antimonpyramiden	14	Brookit	105	Eisen	78
Apatit	121	Bruch	60	Eisenblüte	116
Apophit	128	Buntkupfererz	92	Eisenlang	96
Aquamarin	137	Carnallit	109	Eisenlimmer	96
Aragonit	115	Celanit	97	Eisensties	88
Arsen	79	Chatazit	128	Eisensteiel	100
Arsenisen	91	Chalotrichit	94	Eisenoen	95
Arsenies	91	Chalzedon	101	Eisenpat	114
Athen	131	Chalzonth	139	Eiarth	126
Atacamit	111	Cholemiter	117	Elektron	141
Aufkamen	53	Chonolith	90	Elektrum	75
Quart	129	Chornit	134	Enatit	93
Auripigment	83	Chornber	110	Enstatit	130
Azurit	141	Chromenestien	97	Enstat	141
Barnit	118	Chromgranat	137	Erdienstein	116
Basit	25	Chryolith	132	Fahlerz	92
Beaugit	106	Chryopias	101	Farben	61

Faserquarz	100	Seulandit	128	Kristall, Definition	9
Feinbau	59	Hexagonales System	35	Kristallisationshof	11
Feldspat	123	Holoedrische Kristalle	27	Kristallsystem	20
Feueropal	103	Holzopal	103	Kryolith	111
Feuerstein	102	Holzjinn	103	Kubooktaeder	84
Flächen, „aletche“	12	Hornblende	131	Kupfer	76
Flammenfärbung	69	Hornfiter	110	Kupfererze	77. 93
Fluoreszenz	63	Hornstein	101	Kupferglanz	87
Flußspat	110	Hyalith	103	Kupferkies	91
Formel, chemische	65	Hyazinth	104	Kupferlasur	116
		Hypersthen	130	Kupfernickel	86
				Kupfersthalfer	77
Galmel	115	Zabett	131	Lobrorort	125
Garnlerit	135	Zaspis	101	Längsachse	21
Gediegen	65	Zkobaer	35	Längsfläche	25
Gelbleierz	87	Zkottetraeder	28	Längsprismen	25
Geode	54	Zudizes	24	Lapislazuli	127
Geschmeibig	60	Zwobimorphe Reihe	71	Lazurstein	127
Giftkies	91	Zwomorphie	71	Lehm	129
Gips	119			Lepidolith	133
Glanz	61	Kainit	109	Leuzit	126
Glanze	83	Kalifeldspat	123	Lithionglimmer	133
Glanzkobalt	89	Kaliglimmer	133	Löthrohr	67
Glanzspat	139	Kalialpeter	117	Luchsapht	140
Glaskopf, Definition	56	Kalknatronfeldspate	125		
Glaskopf, brauner	105	Kalkfinter	113	Madeiratopas	100
Glaskopf, roter	96	Kalkspat	111	Magneziaglimmer	133
Glimmer	133	Kalkstein	112	Magnetit	113
Gold	74	Kammites	90	Magnetisen	97
Goldberyll	137	Kaneelstein	136	Diagnetkies	87
Goldberze	74. 89.	Kaolin	129	Malachit	116
Goldtopas	100	Kappenquarz	100	Manganerze	105
Goniometer	15	Kaprubin	136	Manganit	106
Goethit	106	Karat	82	Manganfiesel	130
Granat	135	Karbonado	83	Manganapat	115
Granatoeder	29	Karfunkelstein	136	Marienglas	133
Graphit	78. 83	Karneol	101	Marlasit	90
Graupiekglanz	84	Kazenaug	100	Marmor	112
Großular	137	Kiese	83	Meerschäum	135
Grundform	22	Kieselgalmel	137	Melanit	137
		Kieselgur	103	Mesitinspat	115
		Kieselzinter	103	Messing	77
		Kieselzinkerz	137	Meteoreisen	78
		Kieserit	109	Miarggrit	93
		Klinochlor	134	Mikrotin	124
		Knotenerz	85	Willersche Bezeld- nungsweise	23
		Kobaltblüte	90	Mimetesit	122
		Kobaltglanz	89	Minette	106
		Kochsalz	106	Mispickel	91
		Kohleneisenstein	114	Modifikation	70
		Kombination	13	Molybdänglanz	87
		Korallenerz	86	Rondstein	124
		Korund	95	Monoklines System	47
		Kreide	112		
		Kreuzstein	128		

Morlon	100	Byrop	136	Silbererze	85. 93
Moosachat	101	Byroengruppe	129	Silberglanz	85
Muskovit	133			Sillimanit	139
Muttergestein	55			Stalenoeder	41
		Quadratisches System	42	Smaragd	137
Natrolith	127	Quarz	98	Smirgel	96
Natronfelspat	125	Qued Silber	77	Sodalith	126
Natronsalpeter	117	Qued Silberbranderg	86	Spaltfläche	58
Nebenachse	20	Qued Silberlebererg	86	Spaltungsstück	58
Nephelin	126	Querachse	21	Spanischer Topas	100
Nephrit	131	Quersfläche	25	Spateisenstein	114
Nidelblüte	90	Querprismen	25	Spedstein	134
Nidelerze	87. 135			Speer kies	90
Nosean	126	Nädelerg	93	Spreiskobalt	90
		Nadium	62. 98	Spezifisches Gewicht	63
Oftaeder	28	Nafeneisenstein	105	Sphärosiderit	114
Oligoklas	125	Rationaler Achsenschnitt	23	Spiegelebene	17
Olivin	132	Rauchquarz	100	Spinell	97
Onyx	101	Rauchtopas	100	Sprod	60
Opal	102	Realgar	84	Sprödglasserg	93
Orthoklas	124	Reguläres Enthem	28	Sprudelstein	110
		Rhodonit	130	Staurolith	139
Pallas Eisen	78	Rhombendodekaeder	29	Steinsalz	106
Paramesterverhältnis	21	Rhombisches System	45	Stephanit	93
Rechblende	98	Rhomboeder	40	Sternquarz	100
Bennin	134	Rosenquarz	100	Sternjaphir	96
Pentagonododekaeder	34	Rotbleierz	98	Stinkquarz	100
Peridot	132	Roteisenstein	96	Strahlenblende	86
Phillipsit	128	Rotgültigerz	92	Strahlstein	131
Phosphorit	122	Rotkupfererg	94	Strich	62
Pitrolith	135	Rotnickelkies	86	Strontianit	116
Pistazit	141	Rotzinkerz	95	Stufe	54
Plagioklas	125	Rubin	95	Sulfosalze	91
Plasma	101	Rubinglimmer	106	Sumpferz	106
Platin	77	Rutil	104	Sylvin	109
Pseudorhomus	62			Sylvinit	109
Polysbasit	93	Salpeter	117	Symmetrie	16
Polyshalt	109	Sanidin	124	Symmetriezentrum	18
Polymorphie	70	Saphir	95		
Porzellanton	129	Sardonjy	101	Talk	134
Prasem	100	Sassolin	106	Tetartoeder	28
Prehnit	140	Schalenblende	86	Tetraeder	32
Prisma	24	Scheelit	121	Tigerauge	100
Pseudomorphosen	73	Scherbenkobalt	79	Tinkal	118
Psilomelan	106	Schichtenbau	14	Titaneisen	97
Pyramide	24	Schörl	140	Titanit	105
Pyramidenoktaeder	28	Schreibersit	78	Ton	129
Pyramidentetraeder	32	Schrifterz	93	Topas	138
Pyramidenwürfel	29	Schwefel	86	Topas, spanischer	100
Pyrit	88	Schwefelkies	88	Topfstein	134
Pyritoeder	34	Schweiserpat	118	Travertin	113
Pyroelektrizität	140	Seife	55	Tremolit	131
Pyrolusit	105	Seifengold	75	Tribymit	102
Pyromorphit	122	Serpentin	135	Trilineäres System	49
		Silber	76	Troilit	78

Tropfstein	54	Wasser	94	Zerolith	127
Türkis	122	Weißbleierz	116	Zinblend	85
Turmalin	139	Weißsche Bezeichnungs- weise der Kristall- flächen	22	Zinnspat	115
Umbra	106	Widmannstättenche Figuren	78	Zinnspinell	97
Uranpfecherz	98	Wiesenerz	106	Zinnober	86
Bereinigung	13	Willemit	138	Zinnstein	103
Vertikalachse	21	Winkel	14	Zinnwalbit	134
Vertikalprismen	25	Wismut	79	Zirkon	103
Verwitterung	73	Witherit	116	Zirkularpolarisation	99
Verzerrung	52	Wolframit	121	Zitron	100
Verubian	141	Wollastonit	130	Zölestin	119
Wiesergräuben	103	Würfel	30	Zone	25
Wachstumsformen	53			Zwillinge	50
				Zyanit	139



Mineralien

Sammlungen von Mineralien in stufenweiser Ergänzung für den
 |Schulgebrauch und zum Selbststudium zusammengestellt von
 Prof. Dr. R. Brauns in Bonn

Ausgestellt und preisgekrönt auf der Lehrmittelausstellung des
 Rgl. Preuß. Kultusministeriums St. Louis 1904

Erste Stufe:

a) Sammlung von 70 Mineralien (5x7 cm)	M.	85.50
b) " " 70 " (7x9 cm)	"	150.—
Dieselbe in lackiertem Holzkasten mit Pappkastchen ..	"	150.—
	bzw.	230.—
c) Rl. Sammlung von 35 Mineralien (5x7 cm)	"	43.50
d) " " 35 " (7x9 cm)	"	68.50
Dieselbe in lackiertem Holzkasten mit Pappkastchen ..	"	70.—
	bzw.	115.—

Zweite Stufe. Erste Erganzungssammlung.

a) Sammlung von 98 Mineralien (5x7 cm)	"	285.—
b) " " 98 " (7x9 cm)	"	475.—
Dieselbe in lackiertem Holzkasten mit Pappkastchen ..	"	385.—
	bzw.	595.—

Dritte Stufe: Zweite Erganzungssammlung.

a) Sammlung von 47 Mineralien (5x7 cm)	"	200.—
b) " " 47 " (7x9 cm)	"	350.—
Dieselbe in lackiertem Holzkasten mit Pappkastchen ..	"	235.—
	bzw.	395.—

Vierte Stufe: Dritte Erganzungssammlung.

a) Sammlung von 35 Mineralien (5x7 cm)	"	125.—
b) " " 35 " (7x9 cm)	"	200.—
Dieselbe in lackiertem Holzkasten mit Pappkastchen ..	"	150.—
	bzw.	245.—
Die ganze Sammlung von 250 Mineralien (5x7 cm) ..	"	700.—
" " " " 250 " (7x9 cm) ..	"	1175.—
Dieselbe in Eichenholzkasten mit 5 Schiebladen mit je 50 Pappkastchen	"	1100.—
	bzw.	1650.—

Vorstehende Preise vom September 1919 sind unverbindlich, da es
 unmittelbar nach dem Kriege noch nicht möglich ist, für längere
 Zeit gültige Preise aufzustellen.

Der mit zahlreichen Abbildungen versehene, 264 Seiten starke
 „Allgemeine Mineralogisch-Geologische Lehrmittel-
 katalog XVIII, 2. Auflage“ steht jedem Leiter oder Sach-
 lehrer einer höheren Lehranstalt kostenfrei zur Verfügung, andern
 Anforderern aber nur gegen Einsendung von M. 2.50 oder gegen
 Nachnahme von M. 2.75

Dr. S. Krantz, Rheinisches Mineralienkontor

Sabrik und Verlag mineralogischer und geologischer Lehrmittel
 Gründet 1833 **Bonn am Rhein** Gründet 1833

Ernst A. Böttcher

Naturalien- und Lehrmittel-Anstalt

Sernspr. Zentr. 6246 **Berlin C2** Brüderstraße 15

Postfachkonto Berlin 6702

Großes Lager gut kristallisierter und typischer Mineralien in größeren Kabinettstücken wie auch in kleineren Formaten.

Auf Wunsch Auswahlfendungen!

Sammlungen:

Allgemeine Übersichtsammlung, enthaltend die wichtigsten Mineralien, Selsarten und Versteinerungen.

100 Stück 50.— 150 Stück 65.— usw.

Mineraliensammlung in Größe ca. $3 \times 4\frac{1}{2}$, sowie $4\frac{1}{2} \times 6$ cm

30 Stück 10.— resp. 15.50 150 Stück 68.75 resp. 117.50

50 Stück 18.— resp. 31.— 200 Stück 103.— resp. 175.—

100 Stück 43.— resp. 70.— 250 Stück 137.50 resp. 230.—

Mineraliensammlung kleinsten Formats im Karton.

50 Stück 6.25 100 Stück 13.75

Stufenweise Ergänzungen von 7.50 an.

Spezialsammlungen, Technologische Sammlung, Erzsammlung, Marmor-sammlung, Stassfurter Salze usw. liefere ich in jeder gewünschten Weise.

Härteskalen zu M. 2.50, 4.75, 6.50, 8.50 und 17.50

Untersuchungssammlungen für Analyse (Lötrohrproben).

50 Stück in poliert. Kästen 16.25 100 Stück in poliert. Kästen 32.50

Natürliche Kristalle, lose.

25 Stück 24.— 50 Stück 56.25

Chemische Kristalle, lose, oder auf Ständer montiert.

Kristallmodelle aus Glas tafeln von 4.— an.

aus Glas 20 Modelle 37.50 aus Holz 15 Modelle 25.—

aus Pappe 52 Modelle 22.50

Näheres siehe in meinem Katalog **D** über Mineralogie und Geologie. Interessenten sende auf Wunsch meinen neuesten Katalog **D III Utensilien für Mineraliensammler** franko zu; dieser enthält alle Bedarfsartikel, wie Hammer, Meißel, Lötrohr, Untersuchungskasten, Etiketten, Pappkästchen usw.

Zoologie

Geologie

Botanik

BG Politechniki Śląskiej
nr inw.: 102 - 141166



Dyr.1 141166

