

zu rothem, pulverigen Selen (wie es sich im Kammerschlamm und im Flugstaub der Schwefelsäurefabrication findet): $\text{SeO}_3\text{H}_2 + 2\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{SO}_4\text{H}_2 + \text{Se}$. Die selenige Säure bildet als zweibasische Säure die Selenite; ausser den neutralen und sauren kennt man auch übersaure Salze. Alle sauren Selenite sind wasserlöslich, von den neutralen lösen sich nur die Alkalisalze leicht in Wasser. — Selenylchlorid, SeOCl_2 , bildet eine gelbliche Flüssigkeit, die beim Erkalten erstarrt, bei $+10^\circ$ schmilzt und bei 179.5° siedet. Es entsteht aus Selendioxyd und Selentetrachlorid: $\text{SeO}_2 + \text{SeCl}_4 = 2\text{SeOCl}_2$.

Selensäure, SeO_4H_2 .

Oxydirt man das Selen oder die selenige Säure bei Gegenwart von Wasser vermittelst Chlor, so erhält man Selensäure: $\text{SeO}_3\text{H}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{Cl}_2 = \text{SeO}_4\text{H}_2 + 2\text{HCl}$.

Durch Abdampfen lässt sich die vom Chlorwasserstoff befreite (s. u.) wässrige Lösung der Selensäure unter gewöhnlichem Druck nur bis zu einem gewissen Grade concentriren; steigert man die Temperatur bis auf 265° , so resultirt eine Flüssigkeit mit 95 Proc. Selensäure, spec. Gew. 2.61° ; erhitzt man die noch wasserhaltige Selensäure im Vacuum bis auf 180° , dann erstarrt sie beim Abkühlen zu einer farblosen harten Krystallmasse von Smp. 58° ; spec. Gew. 2.9508 . Dargestellt wurde auch ein krystallisiertes Hydrat $\text{SeO}_4\text{H}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ vom Smp. 25° . Selensäure mischt sich, wie die Schwefelsäure, mit Wasser unter Wärmeentwicklung. Oberhalb 280° zerfällt die Selensäure in SeO_2 , O und H_2O . Ihr Anhydrid kennt man nicht. In der verdünnten Säure lösen sich Eisen, Zink, Nickel etc. unter Wasserstoffentwicklung zu selensauren Salzen oder Selenaten; andere Metalle, wie Kupfer, selbst das Gold, werden unter Bildung von seleniger Säure oxydirt und dann zu Selenaten aufgelöst.

Beim Erwärmen mit Salzsäure geht die Selensäure unter Chlorentwicklung wieder in selenige Säure über, worauf bei der Darstellung Rücksicht zu nehmen ist; am besten fällt man zur Trennung von Salzsäure selensaures Kupfer durch Alkoholzusatz aus, und zersetzt dasselbe in wässriger Lösung vermittelst Schwefelwasserstoff.

Zum Nachweis und für die quantitative Bestimmung des Selen benutzt man die Reducirbarkeit der Selensäure durch vorsichtiges Erhitzen mit Salzsäure, sowie die Möglichkeit, aus der so erhaltenen selenigen Säure durch SO_2 oder Bisulfitlösung freies Selen quantitativ abzuschcheiden. Das Selen wird auf einem gewogenen Filter gesammelt und durch nochmalige Wägung aus der Gewichtszunahme bestimmt. — Ebenso verfährt man beim Tellur.

II. Tellur.

T = 125.3 .

Wie das Selen, muss auch das Tellur als eines der selteneren Elemente bezeichnet werden; es findet sich theils gediegen, theils in Verbindung mit Gold und Silber im Schrifttellur $\text{Ag}_2\text{Te}_3 + \text{AuTe}_3$, oder als Tellurblei mit Silber und Blei, als Tetradymit mit Wismuth, besonders in Siebenbürgen und Ungarn; ähnliche Vorkommnisse hat man neuerdings auch in Colorado (Amerika) aufgefunden. Mit Sauerstoff bildet es das Tellurigsäureanhydrid (Tellurit) und tellursaure Salze. Das gediegene Tellur aus Siebenbürgen wurde 1782 von Müller von Reichenstein als eigenthümliche Substanz erkannt, was Klaproth 1798 bestätigte. Letzterer gab dem neuen Element den Namen Tellur (von tellus, die Erde); lange hielt man es wegen seines Metallglanzes für ein Metall, bis man erkannte, dass es sich in seinem Gesamtverhalten auf's Engste an die Elemente Schwefel und Selen anreihet. Um

das Tellur rein darzustellen, behandelt man Schrifftellur mit Königswasser, entfernt die Metalle in geeigneter Weise und fällt aus der filtrirten Lösung das Tellur durch Schwefeldioxyd oder Sulfitzusatz als graues krystallinisches Pulver, welches man zur Reinigung in einer Wasserstoffatmosphäre oder im luftleeren Raume destillirt.

Das Tellur krystallisirt beim Erstarren in silberglänzenden Rhomboedern; es ist sehr spröde und leicht pulverisirbar. Das spec. Gew. des pulvrigen Tellurs ist 5.93, dasjenige des rhomboëdrischen 6.39. Es schmilzt bei 455° und siedet gegen 1400°. Oberhalb 1400° entspricht die Dampfdichte dem Moleculargewicht Te_3 . An der Luft verbrennt es ohne Geruch mit blaugrüner Flamme zu Tellurdioxyd. In rauchender Schwefelsäure löst es sich mit Purpurfarbe unter Bildung von Tellurschwefeltrioxyd TeSO_3 . In Schwefelkohlenstoff ist das Tellur unlöslich.

Tellurwasserstoff, TeH_2 .

Tellur und Wasserstoff vereinigen sich direct zu einem leicht zersetzlichen Gase. Zu dessen Darstellung bereitet man sich Tellurzink und zerlegt es mit verdünnter Salzsäure. Der Tellurwasserstoff ist brennbar, riecht höchst unangenehm und ist in Wasser ziemlich löslich; durch den Sauerstoff der Luft wird aus dieser Lösung Tellur als braunes Pulver abgeschieden. Metallsalze werden durch TeH_2 als Telluride gefällt, die auch durch Zusammenschmelzen von Tellur mit Metallen entstehen.

Das Volumgewicht des Tellurwasserstoffs (und ebenso dasjenige des Selenwasserstoffs) ergibt sich daraus, dass, wenn man ein bestimmtes Volum des Gases mit Zinn erhitzt, ein demselben gleiches Volum reinen Wasserstoffs zurückbleibt.

Tellurdichlorid, TeCl_2 .

Ein Tellurmonochlorid, Te_2Cl_2 , ist unbekannt. Das Dichlorid, TeCl_2 , bildet sich neben dem Tetrachlorid beim Ueberleiten eines Chlorstroms über stark erwärmtes Tellur und wird durch Destillation von TeCl_4 mit Te rein dargestellt. Schwarze krystallinische Masse, Schmp. 175°, Siedepunkt 324°, wird durch Wasser zersetzt.

Tellurtetrachlorid, TeCl_4 .

Aus Tellur und überschüssigem Chlor. Blendendweisse Krystallmasse. Schmp. 224°. Siedepunkt 380°. Hygroskopisch und durch Wasser zersetzlich. Die Dampfdichte entspricht bei 448° der Formel TeCl_4 (gefunden 9.0 und 9.2; berechnet 9.3). Das Tellurtetrachlorid übertrifft somit an Beständigkeit das Selentetrachlorid und noch weit mehr das Schwefeltetrachlorid.

Tellurdibromid, TeBr_2 . Schwarze Nadeln, Schmp. ca. 280°; Sdp. 339°. Tellurtetrabromid, TeBr_4 . Rothgelbe Krystallmasse. Schm. 380°. Sdp. 420°. Tellurdijodid, TeJ_2 , bildet schwarze, sublimirbare Kryställchen. Tellurtetrajodid, TeJ_4 , eisengrau und krystallinisch, aus telluriger Säure und wässrigem Jodwasserstoff, spaltet beim Kochen langsam Jod ab, indem Tellurdijodid entsteht.

Tellurmonoxyd, TeO .

Aus Tellurschwefeltrioxyd, TeSO_3 , im Vacuum bei 180°. Lockere schwarze Masse. Zerfällt beim stärkeren Erhitzen in Tellur und Tellurdioxyd.

Tellurdioxyd, TeO_2 .

Tellurdioxyd (Tellurigsäureanhydrid) ist das Verbrennungsproduct des Tellurs an der Luft, welches sich in kleinen weissen Oktaedern absetzt. Löst man Tellur in heisser starker Salpetersäure auf, so scheiden sich nach dem Erkalten in Wasser fast

unlösliche Krystalle von Tellurdioxyd ab. Dasselbe schmilzt in Rothglühhitze, verflüchtigt sich schwerer als Tellur selbst und verdichtet sich wieder zu einem Krystallmehl. Es fungirt nicht nur als Säureanhydrid, sondern verbindet sich auch mit Säuren zu unbeständigen, durch Wasser zersetzlichen Salzen.

Tellurige Säure, TeO_3H_2 .

Tellurige Säure entsteht bei Einwirkung von Wasser auf Tellurtetrachlorid; beim Eingiessen einer frischen Lösung von Tellur (in conc. Salpetersäure) in Wasser scheidet sich die tellurige Säure als voluminöser Niederschlag ab. In Wasser ist sie nur wenig mit saurer Reaction löslich; als zweibasische Säure bildet sie neutrale Salze oder Tellurite, ferner saure und übersaure Salze. In Wasser sind nur die Alkalisalze leicht löslich. Schon beim Erhitzen der wässrigen Lösung auf 40° spaltet sich die tellurige Säure in Wasser und Anhydrid TeO_2 .

Tellurtrioxyd, TeO_3 .

Tellurtrioxyd (Tellursäureanhydrid) bildet sich aus der Tellursäure bei 160° . Es ist eine orangefelbe Krystallmasse, in Wasser erst bei wochenlangem Digeriren zum Hydrat auflösbar. Bei hoher Temperatur zerfällt es in Tellurdioxyd und Sauerstoff.

Tellursäure, TeO_4H_2 .

Tellursaures Kali oder Kaliumtellurat entsteht, wenn man Tellur oder Tellurdioxyd mit Salpeter und Kaliumcarbonat schmilzt oder die alkalische Lösung eines Tellurits mit Chlor oxydirt. Man fällt das Barytsalz aus und zerlegt dasselbe durch Schwefelsäure. Die freie Tellursäure krystallisirt beim Verdunsten der wässrigen Lösung in farblosen monoclinalen Prismen $\text{TeO}_4\text{H}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$, wahrscheinlich normale Tellursäure $\text{Te}(\text{OH})_6$, die von kaltem Wasser, obwohl zähflüssig, reichlich aufgenommen wird. Beim Erwärmen über 100° entweicht Wasser, und es bleibt das Hydrat TeO_4H_2 vom specifischen Gewicht 3.44 zurück, welches sich in heissem Wasser leicht wieder auflöst.

Mit Schwefel bilden Selen und Tellur nur wenig untersuchte Verbindungen.

Allgemeines über die Elemente der Sauerstoffgruppe.

Schwefel, Selen und Tellur sind — wie Chlor, Brom und Jod — unter einander äusserst ähnlich; ihnen gegenüber nimmt, ungeachtet zahlreicher Analogieen, der Sauerstoff eine ähnliche Sonderstellung ein, wie das Fluor in Bezug auf die Halogene. Auch in der Sauerstoff-Schwefelgruppe sind sämtliche Elemente noch entschiedene Säure- und Salzbildner, obwohl äusserlich Selen und Tellur, wenigstens in ihren krystallisirten Modificationen, schon einen metallischen Charakter zeigen.

Element	Atomgewicht	Specif. Gewicht	Schmelzpunkt	Siedepunkt unter gew. Druck	Färbung
Sauerstoff	16.00	1.124 (flüssig)	—	— 181.4	hellblau
Schwefel	32.06	2.07 (rhomb., bei 0°)	+ 114.5°	+ 448°	hellgelb
Selen	79.1	4.8 (kryst.)	+ 217°	+ 670°	roth bis metallisch
Tellur	125.3	6.39 (kryst.)	+ 455°	+ 1400°	schwarzmetallglänzend

Mit steigendem Atomgewicht nimmt das specifische Gewicht bedeutend zu, die Schmelz- und Siedetemperaturen steigen entsprechend.

Unter den Gliedern dieser Gruppe hat wiederum das erste, der Sauerstoff, das grösste Vereinigungsbestreben zu Wasserstoff und metallischen Elementen; am indifferentesten erweist sich das Tellur. Während das Wasser, OH_2 , zu den beständigsten chemischen Verbindungen gehört, bildet das Tellur eine sehr zersetzliche Wasserstoffverbindung TeH_2 ; in der Mitte stehen SH_2 und SeH_2 , werden jedoch auch wie TeH_2 , durch Sauerstoff leicht unter Wasserbildung zerlegt. Gegen Wasserstoff sind diese Elemente constant 2-werthig, auch in O_2H_2 und S_2H_2 .

Gegen Halogene sind sie dagegen 2- und 4-werthig, seltener 6-werthig. Da auch in dieser Gruppe der elektronegative Charakter mit steigendem Atomgewicht mehr und mehr zurücktritt, nimmt gleichzeitig die Verwandtschaft zu den Halogenen zu; man hat als die an Chlor reichste Sauerstoffverbindung das explosive Unterchlorigsäureanhydrid, OCl_2 ; der Schwefel vereinigt sich dagegen mit dem Chlor ausser zu S_2Cl_2 und SCl_2 noch zu SCl_4 , das allerdings schon bei $+6^\circ$ wieder in SCl_2 und Cl_2 zerfallen ist; Selen und Tellur bilden dagegen beständigere, bei hoher Temperatur unzersetzt flüchtige Tetrachloride SeCl_4 und TeCl_4 ; der Schwefel vermag auch ein, freilich äusserst zersetzliches Hexajodid, SJ_6 , zu liefern.

Ihrer Stellung im natürlichen System und vielen anderen Gründen entsprechend sind die höheren Glieder der Gruppe gegen den Sauerstoff 4- und 6-werthig; die Formeln und das Verhalten der Oxyde und Oxy-säuren des Schwefels, Selens und Tellurs sind mit dieser Annahme am leichtesten in Einklang zu bringen. Gegen die Hydroxylgruppe hat man gleichfalls Sechswerthigkeit [$\text{S}(\text{OH})_6$, höchstes Hydrat der Schwefelsäure; $\text{Te}(\text{OH})_6$, krystallisirtes Hydrat der Tellursäure].

Gleichartige Atome dieser Gruppen ziehen einander stärker an, wie das bei den Halogenen der Fall ist; für den Sauerstoff hat man ausser O_2 noch das Ozon O_3 ; der Schwefel hat erst bei sehr hohen Temperaturen die Moleculargrösse S_2 , in gelöstem Zustande dagegen S_8 , und besteht im Dampfzustande in der Nähe seines Siedepunktes wahrscheinlich aus einem Gemisch verschieden grosser Moleküle.

Von den drei so ähnlichen Elementen Schwefel, Selen und Tellur findet sich das erste in der Natur in freiem und gebundenem Zustande weitaus am reichlichsten; das Selen ist ein häufiger Begleiter des Schwefels, obwohl nur in kleinen Mengen; das Tellur trifft man dagegen nur äusserst selten.

Krystallformen fester Körper.

Wenn geschmolzene oder dampfförmige Körper erstarren, oder wenn Substanzen aus einer Lösung bei deren Erkalten, resp. Verdunsten sich ausscheiden, dann erscheint ihre Form bisweilen ohne jede Gesetzmässigkeit als eine amorphe (gestaltlose); weitaus in den meisten Fällen sind die festen Körper jedoch krystallinisch und nach be-

stimmten Gesetzen von ebenen Flächen begrenzt. Während amorphe Körper in allen Richtungen Gleichheit in Bezug auf die physikalischen Eigenschaften, wie Elasticität, Cohäsion und Widerstand gegen Lösungsmittel besitzen, steht das gesammte Verhalten von Krystallen im engsten Zusammenhang mit ihrer äusseren Form, und der gleiche Unterschied zeigt sich auch für die beiden Körperclassen in Bezug auf die optischen, thermischen und magnetischen Eigenschaften.

In jeden Krystall lässt sich ein rechtwinkliges oder schiefwinkliges Axensystem in symmetrischer Weise so hineinlegen, dass man mit Hilfe desselben (wie mit einem Coordinatensystem) die Lage im Raume für die einzelnen Krystallflächen genau bestimmen kann. Dazu braucht man nur anzugeben, in welcher Entfernung von ihrem gemeinsamen Durchschnittspunkte die Axen von der betreffenden Fläche geschnitten werden; diese Entfernungen sind die „Parameter“ der Fläche. Enthält ein Krystall nur gleichartige Flächen, die alle eine vollkommen ähnliche Lage haben, so nennt man ihn eine einfache Form; besteht er dagegen aus ungleichartigen Flächen, die sich in verschiedenartigen Lagen befinden und daher auch die einzelnen Axen nicht alle in derselben Entfernung vom Durchschnittspunkte treffen, so hat man eine zusammengesetzte Form oder Combination vor sich. Gewöhnlich herrscht bei einer solchen Combination eine der Flächen vor und bestimmt das Aussehen, den „Habitus“ des Krystalles, der oktaedrisch, tafelförmig, prismatisch u. s. w. sein kann.

Untersucht oder beschreibt man die Combination ungleichartiger Flächen zu einem Krystalle näher, dann pflegt man eine dieser Flächen als Grundform zu wählen; die Parameter dieser Grundform nennt man die Axenlängen des Krystalls, und setzt von denselben wenigstens eine als Einheit = 1. Mit den so gewählten Axenlängen lassen sich nun die „Parameter“ einer zweiten Krystallfläche vergleichen. Die aus dem Vergleich sich ergebenden Verhältnisszahlen nennt man die Indices dieser zweiten Krystallfläche. Dabei zeigt die Erfahrung (sog. Grundgesetz der Krystallographie), dass an einem Krystalle nur solche Flächen auftreten, deren Indices sich unter einander wie rationale, meistens sehr einfache Zahlen verhalten, von welcher Fläche des Krystalls zur Bestimmung der Axenlängen man auch ausgehe. Von Bedeutung ist auch, dass dieses „Gesetz der Rationalität der Indices“ nicht von der Temperatur des Krystalls abhängt. Man kann also, wenn die Axenlängen eines Krystalls festgestellt sind, die Lage aller seiner Flächen sehr einfach durch die Verhältnisse angeben, in welchen die Parameter der einzelnen Flächen sich zu den Axenlängen befinden.

Die zahlreichen Krystalle, wie man sie theils in der Natur antrifft, theils auf künstlichem Wege darstellen kann, zeigen in ihrer äusseren Form schon auf den ersten Blick einen grösseren oder geringeren Grad der Symmetrie. Die Gesammtheit aller der Krystallformen, die einen gleichen Grad der Symmetrie besitzen, nennt man ein Krystallsystem. Theoretisch möglich und auch thatsächlich vorhanden sind sechs solche Krystallsysteme. Sind für die verschiedenartigen Substanzen, die einem solchen System angehören, die Axen der Grundform ungleich, so stehen

dieselben zu einander in keinerlei rationalem Verhältniss; obwohl sich bei jedem einzelnen chemischen Individuum alle Flächen in einfachster Weise auf die Grundform des betreffenden Krystalls zurückführen lassen. Die sechs Krystallsysteme sind:

1. Das reguläre oder tesserale System.

Fig. 64.

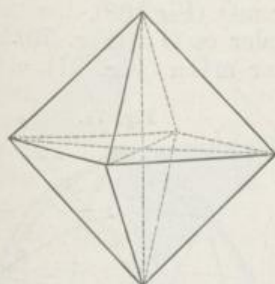


Fig. 65.

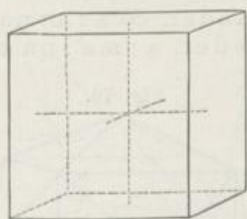
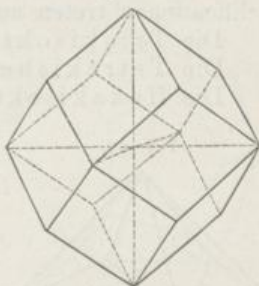


Fig. 66.



Die Formen desselben lassen sich sämmtlich auf 3 zu einander rechtwinklige gleichlange Axen beziehen.

Die Grundform dieses Systems ist das Oktaeder (Achtflächner), dessen Flächen die drei Axen in gleicher Entfernung vom Mittelpunkt schneiden. Die symbolische Schreibweise des regulären Oktaeders ist daher $(1a : 1a : 1a) = a : a : a$, oder abgekürzt O. (Fig. 64.)

Das Hexaeder oder der Würfel ist eine von sechs gleichen Quadraten umschlossene Form, deren Flächen nur eine Axe schneiden, aber mit den beiden andern parallel sind. Man schreibt den Würfel $\infty a : a : \infty a$, oder abgekürzt $\infty O \infty$ (Fig. 65).

Das Dodekaeder oder der Zwölfflächner wird von zwölf rhombischen Flächen begrenzt, welche zwei Axen gleich weit vom Mittelpunkt schneiden, und mit der dritten parallel sind: $a : a : \infty a$ oder abgekürzt $O \infty$ (Fig. 66).

Fig. 67.

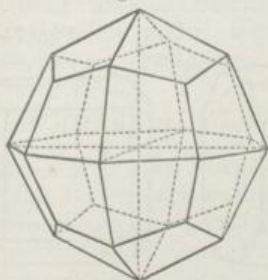
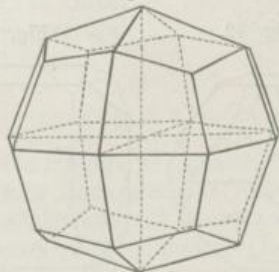


Fig. 68.



Während diese drei regulären Formen nur in einer bestimmten Art auftreten können, gibt es noch vier andere, deren Indices wechselnde Werthe annehmen und die daher in verschiedenen Modificationen möglich sind.

Die Flächen des Ikositetraeders schneiden zwei Axen in gleicher, die dritte in anderer Entfernung; die durch die Formel $m a : a : m a$, oder abgekürzt $m O m$, ausgedrückten Flächen können mit dem Wechseln des Werthes von m verschiedene Lage erhalten, so dass es also eine grössere Anzahl von Ikositetraedern gibt. Die Figuren zeigen die beiden Formen $2 a : a : 2 a$ (Fig. 67) und $3 a : a : 3 a$ (Fig. 68).

Mit wechselnden Werthen der Indices und daher in verschiedenen Modificationen treten auch die folgenden drei Formen auf:

Die Triakisoktaeder, $a : a : m a$ oder $m O$ (Fig. 69).

Die Tetrakishexaeder, $\infty a : a : n a$ oder $\infty O n$ (Fig. 70).

Die Hexakisoktaeder, $a : m a : n a$ oder $m O n$ (Fig. 71).

Fig. 69.

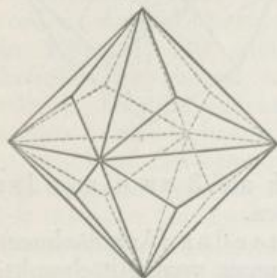


Fig. 70.

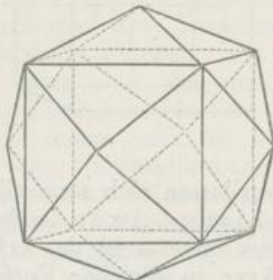
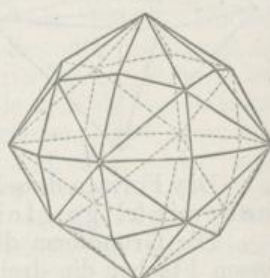


Fig. 71.



Die Hexakisoktaeder bilden den allgemeinsten Fall einer regulären Form und von ihnen gelangt man zu den anderen sechs Formen, indem man in $m O n$ die Beträge der Coëfficienten m und n von 1 bis ∞ variiren lässt.

Häufig treten zwei oder mehrere dieser Formen an ein und demselben Krystall combinirt auf, z. B. Oktaeder und Würfel. Herrscht das erstere vor, so stumpft der Würfel seine Ecken ab (Fig. 72), während umgekehrt beim Vorwalten des Würfels, dessen Ecken durch das Oktaeder abgestumpft werden (Fig. 73). Zu den einfacheren Combinationen gehört auch diejenige des Würfels mit dem Dodekaeder (Fig. 74).

Fig. 72.

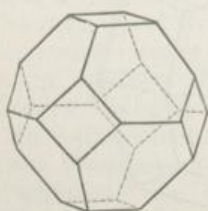


Fig. 73.

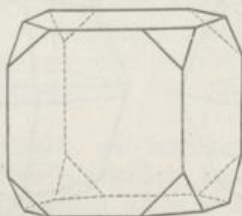
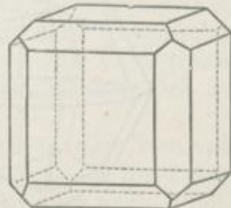


Fig. 74.



Lässt man in einer oder der anderen von den obigen Formen des regulären Systems (welche alle in den 8 Oktanten des Axensystems möglichen Flächen besitzen und daher als „holoëdrische“ bezeichnet werden) die eine, symmetrisch ausgewählte Hälfte der Flächen über die

Kanten hinaus so stark wachsen, dass die zweite Hälfte vollständig verschwindet, dann erhält man die hemiëdrischen Formen. Auf diese Weise bekommt man aus dem Oktaeder das Tetraëder (Fig. 75 gibt Fig. 76), und zwar in zwei verschiedenen Stellungen, je nachdem man die schraffirten oder die nichtschraffirten Flächen des Oktaeders durch Wachsenlassen der anderen Hälfte zum Verschwinden bringt (Rechts-

Fig. 75.

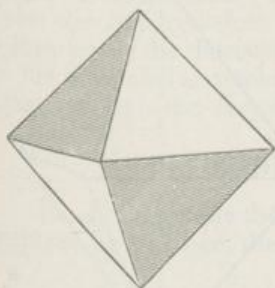


Fig. 76.

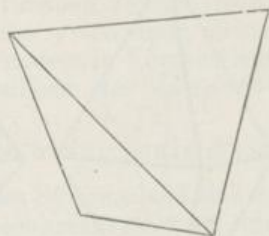
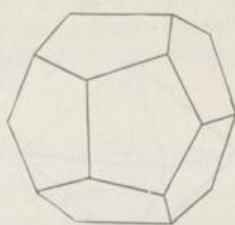


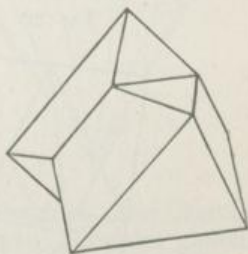
Fig. 77.



tetraeder und Linkstetraeder). Eine andere in der Natur häufig auftretende hemiedrische Form ist das Pentagondodekaëder (Fig. 77) (oder Pyritoeder, im Hinblick auf die Krystallform des Eisenkieses), welches als Halftflächner sich vom Tetrakishexaeder ableitet. Auch tertartoëdrische Formen (Viertelflächner) sind bekannt.

In allen Krystallsystemen begegnet man sehr oft der Zwillingsbildung, d. h. der Erscheinung, dass mehrere Krystallindividuen zwar nicht parallel, aber doch nach sehr einfachen Symmetriegesetzen mit einander verwachsen sind; ein deutliches Beispiel hiefür ist z. B. der Spinell (Fig. 78).

Fig. 78.



Es ist wohl kaum nothwendig zu bemerken, dass die natürlichen, wie auch die auf künstlichem Wege erhaltenen Krystalle durch Verwachsungen und andere Störungen in ihrer Ausbildung bisweilen mehr oder weniger gehemmt oder verzerrt erscheinen.

2. Das quadratische oder tetragonale System.

Dasselbe besitzt eine kürzere oder längere Hauptaxe, die senkrecht auf zwei gleich langen sich rechtwinklig schneidenden Nebenaxen steht. Die Durchschnitte seiner Krystalle, senkrecht zur Hauptaxe, sind Quadrate oder davon abgeleitete Polygone. Die Hauptaxe beherrscht die Symmetrie aller Formen dieses Systems und bestimmt ihre verticale Stellung. In dem quadratischen, wie in den nachfolgenden Systemen zerfallen die einfachen Formen in geschlossene, deren Flächen bei hinreichender Ausdehnung den Raum vollständig umgrenzen, und in offene, bei denen das nicht der Fall ist.

Als Grundform des Systems wählt man diejenige, auf welche sich die übrigen in einfacher Weise beziehen lassen: es ist das die quadratische oder tetragonale Pyramide (ein dem regulären Oktaeder ähnlicher Achtfächner) $a:a:c$, oder abgekürzt P. Ist die Hauptaxe c kleiner als die Nebenachsen a , so erhält man eine stumpfe Pyramide

Fig. 79.

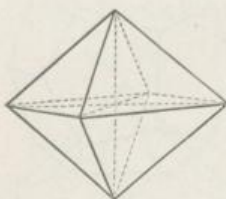


Fig. 80.

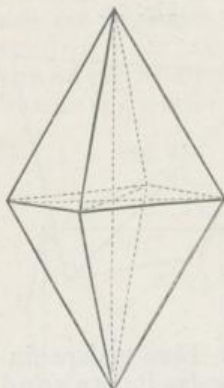
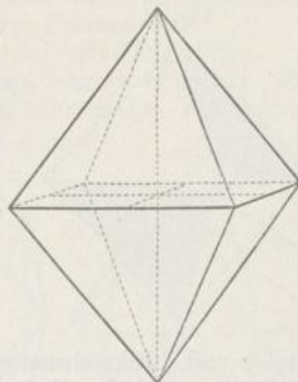


Fig. 81.



(Fig. 79), ist aber c grösser, dann entsteht eine spitze Pyramide (Fig. 80). An die Pyramiden $a:a:c$ reihen sich in jedem einzelnen Falle noch Nebenpyramiden $a:a:mc$ oder mP an.

Neben diesen „Pyramiden erster Ordnung“ oder „Protopyramiden“, bei denen die Nebenachsen die Ecken der Basis (s. u.) treffen,

Fig. 82.

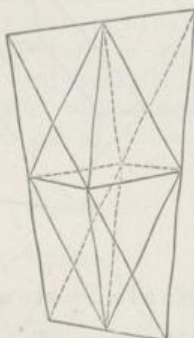


Fig. 83.

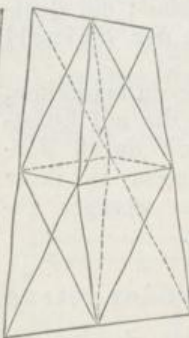
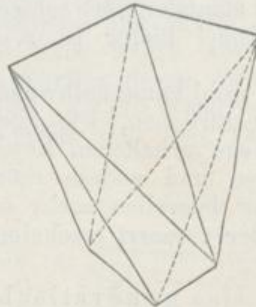


Fig. 84.



hat man noch die „Pyramiden zweiter Ordnung“ oder „Deutero-pyramiden“, $a:\infty a:c$ oder $P\infty$, bei welchen die Nebenachsen durch die Mittelpunkte der Basisseiten gehen (Fig. 81). Endlich gibt es auch „Tritopyramiden“, in denen die Nebenachsen irgend einen andern Punkt der Basisseiten durchschneiden. Wird das Verhältniss der Parameter $a:ma:nc$, oder mPn , so erhält man die ditetragonalen Pyramiden, die von 16 ungleichseitigen Dreiecken umschlossen sind.

Den hemiëdrischen Formen des regulären Systems entsprechen die tetragonalen Sphenoide (aus den Pyramiden) (Fig. 82 und 83) und Skalenoëder (aus den ditetragonalen Pyramiden) (Fig. 84).

Denkt man sich die Hauptaxe der Pyramiden bis zum Verschwinden verkürzt, so erhält man eine einfache Basisfläche oP . Denkt man sich umgekehrt die Hauptaxe der Protopyramiden bis in's Unendliche verlängert, $a:a:\infty c$ oder ∞P , dann bekommt man ein quadratisches Prisma erster Ordnung; aus den DeuteroPyramiden resultiren in gleicher Weise die quadratischen Prismen zweiter Ordnung, $a:\infty a:\infty c$ oder $\infty P\infty$; wie die Basisfläche treten diese Prismen als „offene Formen“ nie für sich allein, sondern stets in Combination mit einer geschlossenen Form auf (vgl. die Krystallform des Zinnsteins).

3. Das hexagonale System.

In alle Krystalle dieses Systems lässt sich eine längere oder kürzere Hauptaxe hineinlegen, die senkrecht steht auf drei unter einander gleichen

Fig. 85.

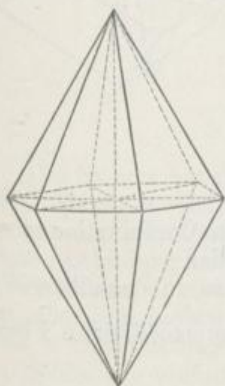


Fig. 86.

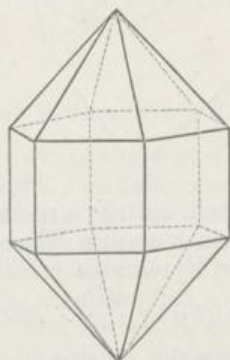
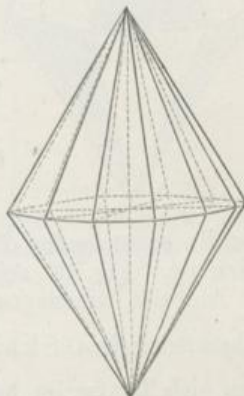


Fig. 87.



Nebenaxen, welche sich unter Winkeln von 60° schneiden. Die Durchschnitte dieser Krystalle senkrecht zur Hauptaxe bilden entweder gleichwinklige Sechsecke, oder in einfacher Weise von diesen ableitbare Polygone.

Wie im quadratischen System hat man auch im hexagonalen ebenso viele, scharf von einander durch die Irrationalität ihrer Axenverhältnisse unterschiedene Krystallreihen als es hexagonal krystallisirende Substanzen gibt. Alle diese Krystallreihen besitzen eine, von den übrigen hervortretende Ausbildungsrichtung; und diese ist es, welche man zur Hauptaxe wählt.

Die typisch auffälligste Form dieses Systems ist die hexagonale Pyramide $a:a:\infty c$, oder abgekürzt P (Fig. 85). Von dieser leiten sich durch Veränderung in der Länge der Hauptaxe noch andere Pyramiden $a:a:\infty a:mc$, oder mP , ab; desgleichen das hexagonale Prisma $a:a:\infty a:\infty c$, oder ∞P (Fig. 86. Combination mit Pyramide). Wird $c=0$, so hat man die Basis oP . Wie im quadratischen System

gibt es ausser diesen Pyramiden etc. „erster Ordnung“ noch solche „zweiter“, z. B. die Pyramide $a : 2a : 2a : c = P2$. Ferner kennt man dihexagonale Pyramiden mPn (Fig. 87).

Die geschlossenen holoëdrischen Formen des hexagonalen Systems kommen selbständig nur selten vor, meistens in Combinationen, wie beim Quarz. — Sehr häufig erscheinen die hemiëdrischen Formen des Systems; aus der hexagonalen Pyramide wird, wenn die Hälfte von deren Flächen verschwindet, das Rhomboëder $\frac{mP}{2}$ oder R (Fig. 88 und 89), welches wie das Tetraëder in zwei sich (mitunter an demselben

Fig. 88.

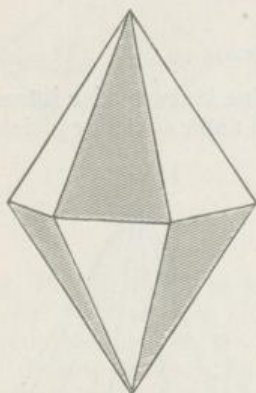


Fig. 89.

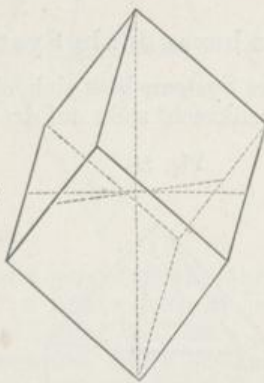
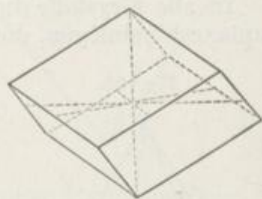


Fig. 90.



Krystall) ergänzenden Formen auftritt und oft in Combinationen vorhanden ist. Fig. 90 zeigt ein stumpfes Rhomboëder.

Aus den dihexagonalen Pyramiden erhält man in derselben Weise die (hemiedrischen) Skalenoëder $\frac{mPn}{2}$. Auch tetartoëdrische Flächen finden sich häufig im hexagonalen System.

4. Das rhombische System.

Die Flächen der rhombisch krystallisirenden Substanzen lassen sich auf drei zu einander rechtwinklige Axen von verschiedener Länge beziehen. Die Durchschnitte senkrecht zu den Axen haben die Form von Rhomben. Keine der drei Axen ist vor den beiden andern so hervorragend, dass sie sich von selbst als Hauptaxe darbietet. Für die Orientirung eines Krystalls nimmt man daher eine beliebige Axe als Verticalaxe c , und bezeichnet dann die kürzere der beiden Nebenaxen als Brachydiagonale a , die längere als Makrodiagonale b . Einfachste Form des Systems ist die rhombische Pyramide $a : b : c$, oder P (Fig. 91). In den abgekürzten Formeln der verschiedenen Flächen gibt man die Aenderung des Axenverhältnisses für die Axe c vor P an, für a und b hinter P ; ändert sich die Brachydiagonale a , so schreibt man $\bar{p}$; ändert sich b , schreibt man $\bar{p}$.

Man erhält 3 Arten von Prismen dadurch, dass die eine oder andere der 3 Axen unendlich lang wird; das eigentliche rhombische Prisma $a:b:\infty c$, oder ∞P , erstreckt sich parallel der verticalen Axe c , während von den beiden Domen das Brachydoma $\bar{P} \infty$ der kurzen Axe a , und das Makrodoma $\bar{P} \infty$ der langen Axe b parallel läuft. Fig. 92 ist eine Combination des Prismas mit der Pyramide; Fig. 93 zeigt eine Form dieses Systems, welche keine geschlossene Fläche enthält.

Fig. 91.

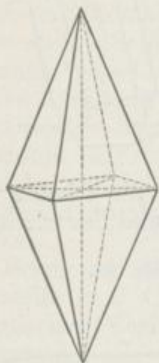


Fig. 92.

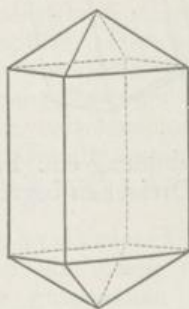
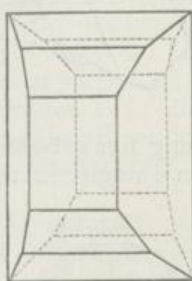


Fig. 93.



5. Das monocline System.

Das System hat ebensowenig eine natürliche Hauptaxe wie das rhombische. Zu einer solchen wählt man daher gewöhnlich diejenige der beiden zu einander schief geneigten Axen, in deren Richtung der Krystall die grösste Ausbildung hat; man bezeichnet dieselbe als Verticalaxe c , und unterscheidet die ungleichen, aber sich rechtwinklig schneidenden Axen a und b als Klinodiagonale und Orthodiagonale.

Schon die einfachste monocline Pyramide $a:b:c$ oder P wird von Dreiecken umschlossen, die nicht völlig gleichartig sind: sie besteht aus zwei Hemipyramiden, die man als $+P$ und $-P$ unterscheidet (Fig. 94). Dieser Pyramide entspricht das monocline Prisma ∞P . Domen kommen ebenso vor, wie im rhombischen System. Die Basisfläche ist OP . Im monoclinen System krystallisirt eine Anzahl der wichtigsten Mineralien.

Fig. 94.

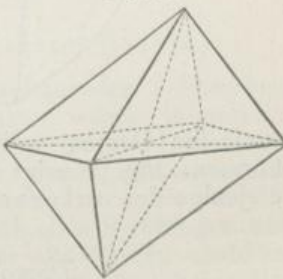


Fig. 95 zeigt einen Feldspathzwilling; Fig. 96 zeigt die Krystallform der Hornblende und Fig. 97 diejenige des Augits.

6. Das tricline System.

In diesem System erreicht die Asymmetrie der Krystalle ihren höchsten Grad, indem dieselben 3 ungleich lange, sich unter schiefen Winkeln schneidende Axen haben. Für jede einzelne Substanz ist indessen auch hier das Verhältniss der 3 Axen, und der Betrag der Win-

kel, unter denen sich dieselben schneiden, völlig constant. Man stellt auch hier in Ermangelung einer natürlichen Hauptaxe die Krystalle in

Fig. 95.

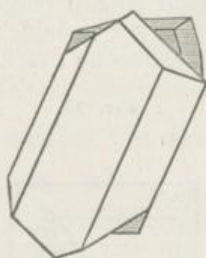


Fig. 96

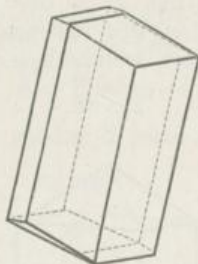


Fig. 97.



der Richtung der grössten Ausbildung ein. Schon die tricline Pyramide P wird von 4 ungleichartigen Dreiecken begrenzt und das tricline Prisma,

Fig. 98.

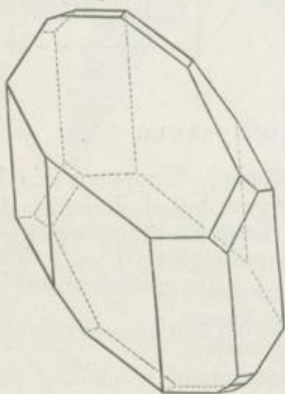
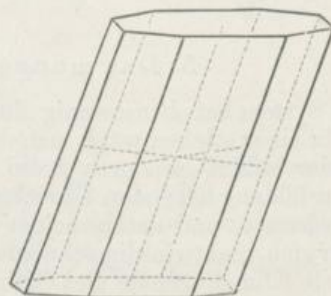


Fig. 99.



sowie die Domen ∞ P zerfallen in zwei von einander unabhängige Formen. Fig. 98 zeigt die Krystallform des Kupfervitriols, Fig. 99 diejenige des unterschwefligsauren Kalks.

Isomorphismus und Dimorphismus.

Unter Isomorphismus (gleicher Gestaltung) versteht man die Fähigkeit verschiedenartiger Substanzen, in übereinstimmenden Krystallformen aufzutreten; es ist das meistens der Fall bei solchen Substanzen, deren chemische Constitution eine ähnliche ist. Isomorph sind beispielsweise phosphorsaures Natron und arsensaures Natron; isomorph sind die schwefelsauren Salze des Zinkoxyds, der Magnesia, des Nickeloxyduls, der selensauren Magnesia; isomorph sind kohlensaurer Kalk, Manganoxydul, Eisenoxydul, Magnesia, Zinkoxyd u. s. w. Isomorph sind aber auch viele Salze des Kaliums mit solchen des Ammoniums,

bei abweichender chemischer Constitution, indem das K-atom der ersteren Salze in den letzteren durch die zusammengesetzte (NH_4) -gruppe ohne Aenderung der Krystallgestalt vertreten wird. Ueber die Bedeutung des Isomorphismus für die Atomgewichtsbestimmung s. S. 91.

Als Dimorphismus (Zweigestaltigkeit) bezeichnet man das Vermögen mancher, einfacher oder zusammengesetzter Substanzen je nach Umständen in zwei völlig verschiedenen Krystallformen zu erscheinen, das zuerst (von Mitscherlich, der auch den Isomorphismus [1819] entdeckte) im Jahre 1821 beobachtete Beispiel ist der Schwefel, den man bald in rhombischen, bald in monoclinen Krystallen erhält; dimorph ist auch der krystallisirte Kohlenstoff in seinen beiden Formen als „Diamant“ und „Graphit“. Der hexagonale Kalkspath und der rhombische Arragonit sind verschiedene Krystallformen des kohlensauren Kalks. Dieselbe Erscheinung bietet der Trimorphismus; trimorphe Körper treten in drei ganz verschiedenen Gestalten auf. Bisweilen gehören solche abweichende Gestalten zwar demselben Systeme an, unterscheiden sich dann aber von einander durch die Irrationalität ihrer Axenverhältnisse.

In Bezug auf ihre physikalischen Eigenschaften muss man die Krystalle in 3 Classen eintheilen, deren allgemeine Bezeichnung ihrem optischen Verhalten entnommen wird, weil eben dieses für die Krystallographie als das wichtigste erscheint.

Die Mehrzahl der Krystalle zeigt die Brechung (Refraction) des Lichts auf die Weise, dass der einfallende Lichtstrahl zugleich einer Theilung in zwei Strahlen unterliegt, von welchen nur der eine den Gesetzen der gewöhnlichen Brechung gehorcht. In jedem solchen Krystalle mit doppelter Strahlenbrechung gibt es entweder eine (optisch einaxige) oder zwei (optisch zweiaxige) Richtungen, nach welchen der einfallende Strahl ungetheilt bleibt.

1. Einfachbrechende Krystalle (reguläres System).

Die Elasticität zeigt ein Maximum in 3 aufeinander senkrechten Richtungen, und Minima in denjenigen Richtungen, welche je zwei der ersteren halbiren; ebenso verhält sich die Cohäsion und die Löslichkeit, so dass also in jenen 3 Richtungen die Cohäsion gleich gross ist und die sog. Aetzfiguren gleich beschaffen sind.

Die optische Elasticität ist gleich gross nach allen Richtungen, also die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichts für alle Farben unabhängig von der Richtung im Krystall. Ferner beobachtet man in allen Richtungen Gleichheit für Absorption des Lichts, Fortpflanzung der Wärme, Ausdehnung durch dieselbe, Magnetismus.

2. Optisch einaxige Krystalle (quadratisches und hexagonales System).

Dieselben besitzen eine besonders ausgezeichnete Richtung, eine physikalische Hauptaxe. Die Elasticität erreicht ein Maximum oder Minimum in dieser Hauptaxe; in der zur Hauptaxe normalen Ebene

liegen mehrere, unter einander gleiche Maxima und Minima der Elasticität abhängig von den Richtungen, welche durch die äusseren Symmetrieverhältnisse solcher Krystalle ausgezeichnet sind. Ganz entsprechendes gilt für die Cohäsion in solchen Krystallen.

Die optische Elasticität zeigt ihr Maximum (oder Minimum) in der Richtung der Hauptaxe und ist am kleinsten (ev. am grössten) in den zu jener senkrechten Richtungen; das Verhältniss der beiden Werthe der Elasticität parallel und senkrecht zur Axe ist für die verschiedenen Farben ein verschiedenes. Ganz entsprechende Unterschiede weisen solche Krystalle in der Richtung der Hauptaxe und den dazu senkrechten Richtungen auf für die Absorption des Lichts, die Wärmeleitungsfähigkeit, Ausdehnung durch die Wärme, den Magnetismus.

3. Optisch zweiachsig Krystalle (rhombisches, monoclines und triclines System).

Diese Krystalle haben nach drei auf einander normalen Richtungen ungleiche Maxima oder Minima der Elasticität, deren Abhängigkeit von der Richtung in den Krystallen eine complicirte ist; nach den verschiedenen durch die Symmetrie der Krystallformen ausgezeichneten Richtungen ist Cohäsion gleichfalls stets verschieden.

Die optische Elasticität wird für jede Farbe durch ein dreiaxiges Ellipsoid bestimmt; verschiedene andere physikalische Eigenschaften haben in solchen Krystallen mitunter eine von einander abhängige, mitunter jedoch eine ganz unabhängige Lage.

Gruppe V b. Stickstoffgruppe.

Der Stickstoff, das Anfangsglied dieser Gruppe, ist bereits Seite 44 behandelt worden.

12. Phosphor.

$$P = 31.03.$$

Wegen seiner grossen Verwandtschaft zum Sauerstoff findet sich der Phosphor (von seinem Leuchten bei der langsamen Oxydation *φωσφόρος*; Lichtgeber genannt) in der Natur fast nur in Form von phosphorsäuren Salzen oder Phosphaten, am häufigsten als phosphorsaurer Kalk oder Calciumphosphat $(PO_4)_2Ca_3$ (Phosphorit, Striberit, Estramadurit), dessen grösste, meist felsige Lager sich in Südcarolina und namentlich in Florida (ca. 133 Millionen Tonnen, entdeckt 1889) befinden. Von den zahlreichen mineralischen Phosphaten seien noch genannt: Apatit $3(PO_4)_2Ca_3 + Ca(Cl,Fl)_2$, Wavellit $2(PO_4)_2Al_2 + Al_6O_6H_6 + 9H_2O$, Vivianit, $(PO_4)_2Fe''_3 + 8H_2O$, und Grünbleierz oder Pyromorphit, $3(PO_4)_2Pb_3 + PbCl_2$. Die in einigen Eisenerzen enthaltenen basischen Phosphate werden nach Verhüttung der ersteren aus den Schlacken gewonnen. Durch die Zerstörung dieser Mineralien und die Verwitterung zahlreicher phosphathaltiger