

Zum Mineralogie-Unterricht (M.U.) an der Mittelschule [Fortsetzung]

Autor(en): **Weber, L.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Schule**

Band (Jahr): **23 (1937)**

Heft 18

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-537417>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

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

die Erfolge waren jedes Mal hochehrfreuliche. Mit Tränen in den Augen dankten solche wackere Erzieher dem Mithelfer in der Schule für alle Mühe und Arbeit, und mit innerer Ergriffenheit drückten wir beim Ab-

schied ihres Kindes aus meiner Schule uns die Hände.

Ach Gott, wie oft sind's lächerliche Kleinigkeiten, die einer Verstimmung heraufbeschwören können. Hannes.

Mittelschule

Zum Mineralogie-Unterricht (M.U.) an der Mittelschule *

11. Pyrit. Bleiglanz, Granat, Fluorit usw. haben die Symmetrieeigentümlichkeit, dass sie drei aufeinander senkrechte, vertauschbare Richtungen besitzen, denen der A^4 -Charakter zukommt. Es gibt aber auch Kristalle, bei denen zwar noch drei zueinander senkrechte, gleichwertige Richtungen vorhanden sind (also auch das kubische Achsenkreuz Geltung hat), diesen Richtungen aber ein anderer Symmetriecharakter eignet. Besonders deutlich zeigt sich das am weitverbreiteten Pyrit. An diesem speisgelben Mineral findet sich (ausser dem Würfel) häufig eine Gestalt, wie sie in Fig. 10 (links)

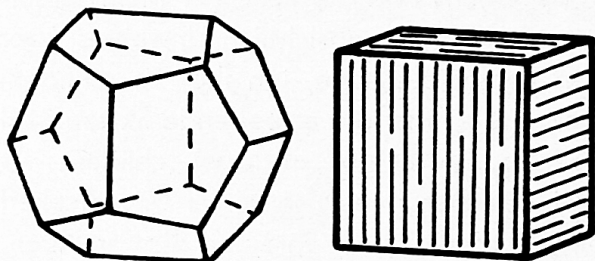


Fig. 10. Pentagondodekaeder und gestreifter Würfel (Pyrit).

dargestellt ist. Die Oberfläche setzt sich aus zwölf identischen (aber nicht regelmässigen!) Fünfecken zusammen. Wir haben es also mit einer Form zu tun. Die Richtungen der kristallographischen Achsen haben aber nur A^2 -Charakter. Die Form ist als Pentagondodekaeder bekannt.

Bei genauerem Studium erkennt man, dass jede Fläche einer der drei kristallographischen Achsen parallel ist und auf den beiden anderen unter sich verschiedene Stücke abschneidet. Wir haben demnach das Abschnittsverhältnis $1a' :$

$na'' : \infty a'''$. Im Falle des Pyrites ist $n=2$ (auch für die Fig. 10 angenommen).

Am Pyrit ist das Pentagondodekaeder $1a' : na'' : \infty a'''$ häufig mit dem Würfel kombiniert. Dadurch werden die Kanten, die den Achsenrichtungen parallel sind, durch schmalere oder breitere Flächen ersetzt. Durch abwechselnde Ausbildung der Pentagondodekaederflächen, die je einer Würfelfläche anliegen, entsteht bei regelmässigem Wachstum ein eigenartig gestreifter Würfel, dessen Symmetrie nun genau mit der des Pentagondodekaeders übereinstimmt (Fig. 10, rechts).

12. Fahlerz und Zinkblende. Ein ganz anderer Symmetriefall ist am Fahlerz verwirklicht. Dasselbe erscheint häufig in Gestalt der Fig. 11 (links). Man könnte zunächst an ein verzerrtes Oktaeder denken. Allein die grossen 6-eckigen Flächen sind glänzend, die kleinen 3-eckigen rau. Die beiden Flächenarten sind also voneinander physikalisch verschieden⁴, d. h. es handelt sich um eine Kombination von zwei 4-flächigen Formen. Wir nennen diese Formen Tetraeder (von vier gleichseitigen Dreiecken begrenzt, die genau wie die abwechselnden Flächen des Oktaeders liegen).

Etwas ganz Aehnliches haben wir an der Zinkblende. Besonders schön sind die Kristalle aus dem Binnental (Fig. 11, rechts). Auf den ersten Blick möchte man sie für Kombinationen von

⁴ Klemmt man zwei gegenüberliegende Flächen des Fahlerzes in eine aus zwei isolierten Platindrähten bestehende Zange, die mit einem Galvanometer verbunden ist, so wird bei Erwärmung im Wasserbade ein elektrischer Strom hervorgerufen, der von der matten Fläche zur glänzenden — und nur in dieser Richtung — läuft.

* Siehe Nr. 17.

Würfel und Oktaeder halten. Allein die Flächen, welche das Oktaeder ausmachen müssten, sind

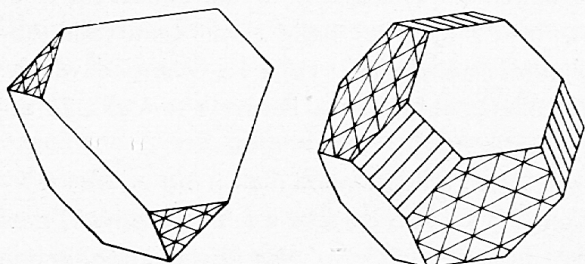


Fig. 11. Fahlerz und Zinkblende.

von unterschiedlicher Beschaffenheit: die einen glänzend, die andern rau, genau in der beim Fahlerz gefundenen Verteilung. Es liegen somit wiederum die beiden Tetraeder vor, jetzt aber in gleicher Grösse. Dazu kommt der Würfel, hier fein gestreift, aber in anderer Richtung als beim Pyrit (andere Symmetrie!).

13. Holoedrie, Hemiedrie, Tetartoedrie⁵. Das Tetraeder hat halb so viele Flächen wie das Oktaeder; ähnlich hat das Pentagondodekaeder nur die Hälfte der Flächen des Hexakistetraeders (in § 7 dem Abschnittsverhältnis $1a' : na'' : \infty a'''$ zugeordnet).

Die 7 Formen, welche wir in § 7 zusammenstellten, treten mit der vollen Zahl von Flächen auf, die ihrem Abschnittsverhältnis entspricht. Man nennt sie holoedrische (vollflächige) Formen. Ihnen gegenüber gibt es nun andere, bei denen bloss die Hälfte oder gar nur ein Viertel der Flächen zur Ausbildung gebracht ist (natürlich muss dies in ganz regelmässiger Art geschehen, sonst läge ja bloss Verzerrung vor). Man spricht von hälft- und viertelflächigen (hemiedrischen und tetartoedrischen) Formen.

Die Gesetzmässigkeit, die hierbei waltet, ist folgende: Am Hexakisoktaeder haben wir ausser den drei A^4 noch 9 Symmetrieebenen. Drei davon (= Hauptsymmetrieebenen) gehen

⁵ Ich verarge es keinem, der die Begriffe Holoedrie, Hemiedrie usw. vom Schulunterricht fernhalten will. Man kommt mit dem Symmetriebegriff mindestens ebenso gut aus. Die Groth'sche Schule hat schon vor 40 und mehr Jahren diesen Standpunkt eingenommen. Durch P. Niggli's Lehrbuch der Mineralogie haben jedoch Holoedrie usw. wieder aktuelle Bedeutung bekommen, vielleicht zum Leidwesen mancher Studenten, denen sie grosse Schwierigkeiten bereiten. Man versuche nur einmal eine exakte Definition der Hemiedrie.

durch je zwei A^4 , stehen also auf einer A^4 senkrecht. Die sechs anderen (Nebensymmetrieebenen) gehen je durch eine A^4 und halbieren den Winkel der beiden andern. Beim Pyrit fallen die Nebensymmetrieebenen, beim Fahlerz und bei der Zinkblende die Hauptsymmetrieebenen weg. Beide Male werden die A^4 zu A^2 . Es wäre auch möglich — dieser Fall hat jedoch mineralogisch weniger Bedeutung —, dass alle Symmetrieebenen wegfallen und die A^4 entweder bleiben (und das führt zu einer neuen, also dritten Hemiedrie) oder durch A^2 ersetzt werden (und das ergibt die sog. Tetartoedrie).

Nicht alle Formen lassen eine hemiedrische oder tetartoedrische Ausbildung zu. Nach allen Hemiedrien und der Tetartoedrie kann nur das Hexakisoktaeder abgewandelt werden. Würfel und Rhombendodekaeder können keine Abwandlung erfahren. Man beachtet dann aber u. U. auf den Flächen gewisse Streifungen, welche die innere Symmetrie genau widerspiegeln. Fehlen diese Streifungen, so können durch Aetzung (= Lösung) Figuren erhalten werden, die der inneren Symmetrie genau entsprechen. Ein Meister im Kristallätzen war der Gründer des Mineralogischen Institutes der Universität Fribourg: Prof. Dr. H. Baumhauer, 1848—1926.

14. Mit der Kristallstruktur verträgliche Symmetrieachsen. Neben den 4- und 2-zähligen Symmetrieachsen, die wir bisher kennen lernten, gibt es noch 3- und 6-zählige. Andere sind mit dem eigentümlichen Gitterbau der Kristalle unverträglich. An rein geometrischen Körpern sind sie denkbar. So käme einer regelmässig-siebenseitigen, geraden Pyramide eine A^7 zu. Das reguläre Dodekaeder (= Platonischer Körper, hat mit dem Rhomben- oder Pentagondodekaeder nichts zu tun und ist als Kristallform unmöglich) besitzt 15 A^2 , 10 A^3 und 6 A^5 . Je nach Art und Zahl der Symmetrieachsen, die gleichzeitig (mit und ohne Symmetrieebenen) an Kristallen auftreten können, unterscheidet man 32 Symmetrieklassen (bisher erst fünf⁶ erwähnt).

⁶ Auf alle diese Dinge im einzelnen einzugehen, kann niemals Aufgabe der Mittelschule sein. Die Mittelschule muss manches verschweigen, darf aber nichts Unwahres lehren. Irrig ist es, wenn ein bekannter Autor sagt: „Alle tesserale Kristallformen lassen sich durch neun Ebenen symmetrisch teilen.“

15. *Anatas*. Die bisher studierten Kristalle sind dadurch ausgezeichnet, dass sie drei aufeinander senkrecht stehende, gleichwertige Richtungen haben. Ein ganz anderes Verhalten zeigt der *Anatas*, der sich z. B. im Tavetsch und im Binnental in ausgezeichneten Exemplaren findet. Am ersteren Ort treffen wir ihn zumeist in der Gestalt einer spitzen (oder abgestumpften) Doppelpyramide (Fig. 12a und e). Deut-

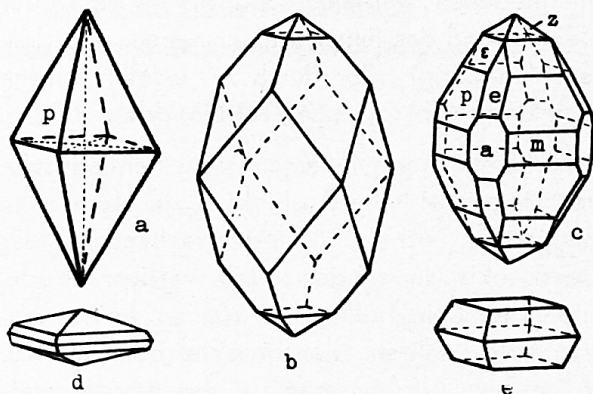


Fig. 12. Schweizer Anatas.

lich tritt die A^4 (nur eine!) hervor. Wir stellen sie vertikal. Jeder horizontale Querschnitt ist ein Quadrat (= Tetragon). Wir drehen die Gestalt so, dass die vier Ecken der horizontalen Mittelebene wie beim Oktaeder liegen. Der von vorn nach hinten gehende Durchmesser ist aus Symmetriegründen gleich dem von rechts nach links verlaufenden. Bezeichnen wir die Hälfte eines solchen Durchmessers wieder mit a (bezw. a' und a'') und wählen wir diese Länge als Einheit, so bekommen wir für die Hälfte des vertikalen Durchmessers die Grösse 1,777. Diese Zahl weicht grundsätzlich von allem ab, was wir bisher gesehen haben. Sie ist nicht rational. Durchmustern wir zahlreiche *Anatas*-Kristalle (Fig. 12), namentlich auch die flächenreichen des Binnentals, so begegnen wir immer wieder Flächen, welche unserer Doppelpyramide genau entsprechen. Daneben treffen wir aber auch solche ganz anderer Lage, deren Abschnitte auf den obstehend definierten Achsenrichtungen sich verhalten wie:

$$1a' : 1a'' : \frac{1}{2} \times 1,777$$

$$1a' : 1a'' : \frac{1}{3} \times 1,777$$

$$1a' : 1a'' : \frac{1}{5} \times 1,777 \text{ etc.}$$

oder wie $1a' : \infty a'' : 1 \times 1,777$

$$1a' : \infty a'' : 2 \times 1,777 \text{ etc.}$$

In Richtung der vertikalen Achse kehrt

also die Länge 1,777 ständig wieder; sie ist für den Bau des Kristalls wesentlich. Wir wollen sie allgemein c heissen. Für die einfachste *Anatas*-Form (Fig. 12a) haben wir somit das Abschnittsverhältnis $1a' : 1a'' : 1c$, während wir für die zuletzt aufgeführte Form $1a' : \infty a'' : 2c$ erhalten.

16. Verallgemeinerung des Rationalitätsgesetzes. Beachten wir, dass die Längen a und c auf den kristallographischen Achsen durch eine — an und für sich willkürliche — Fläche des Minerals abgeschnitten werden, so können wir das Gesetzmässige obiger Proportionen in den Satz zusammenfassen: Alle Flächen des *Anatas* bestimmen auf den kristallographischen Achsen Abschnitte, die sich verhalten wie einfache rationale Vielfache von a und c . Da bei den früher behandelten Kristallen c durch a''' ersetzt ist und a''' ebenfalls als Achsenabschnitt einer Kristallfläche gefunden wird, umfasst die neue Formulierung des Rationalitätsgesetzes auch jene des § 8.

17. Kristallsystem. Die Kristalle, welche drei aufeinander senkrecht stehende, gleichwertige (also vertauschbare) Richtungen haben, fassen wir zu einer Gruppe zusammen, die wir als kubisches System bezeichnen. Dem gegenüber rechnen wir die Kristalle, in deren rechtwinkligem Koordinatenkreuz nur noch zwei Achsen unter sich gleich sind, die dritte aber von diesen geometrisch und physikalisch abweicht, zum tetragonalen System (vergl. das Wort „Tetragon“ in § 15). Die einzigartige Richtung⁷ der tetragonalen Kristalle wählen wir immer zur vertikale Achse (= c -Achse; $c \neq 1$).

18. Offene und geschlossene Formen. Betrachten wir Fig. 12c etwas näher. Sie stellt eine Kombination dar und setzt sich aus sechs Formen zusammen. Die mit p übereinstimmenden Flächen entsprechen der in Fig. 12 a dargestellten „Grund“form (so genannt,

⁷ Dass es mit der c -Achse eine besondere Bewandnis hat, ersehen wir mit aller Deutlichkeit aus Fig. 12 (b, c und e), wo die c -Enden ganz anders gebaut sind als die a -Enden, ganz im Gegensatz zu den kubischen Figuren (z. B. 10 und 11). Auch die Wärmeausdehnung zeigt diese Unterschiedlichkeit. Für die c -Achse ergibt sich beim *Anatas* als Ausdehnungskoeffizient $0,819 \times 10^{-5}$, für die a' - und a'' -Achse aber $0,468 \times 10^{-5}$. Anisotropie! Die kubischen Kristalle zeigen diese Anisotropie nicht.

weil ihre Flächen die Achseneinheiten a' , a'' , c festlegen); sie ist sozusagen ein nach der c -Achse gestrecktes Oktaeder und wird 4seitige Doppelpyramide⁸ (tetragonale Bipyramide) genannt. Prinzipiell gleichen Charakter haben die Formen ϵ , z und e ; sie unterscheiden sich aber voneinander und gegenüber p durch die Winkel, unter denen sich die Flächen wechselseitig schneiden. Die a - und m -Flächen bilden je ein tetragonales Prisma. Die a -Flächen liegen wie gewisse Flächen des Würfels, es fehlt aber der obere und untere Abschluss. Dieser erscheint für sich (als sog. Basis-Pinakoid $= \infty a' : \infty a'' : 1c$) an Fig. 12e, an der jedoch die vier andern Flächen des Würfels in Wegfall kommen. Begreiflich! Da die a - und c -Achsen Richtungen von grundverschiedenem Charakter sind, müssen sich auch die auf ihnen senkrecht stehenden Flächen ungleich verhalten und können nach § 6 nicht zu einer Form zusammengehören. Trotzdem fehlen dem tetragonalen System „würfelig“ erscheinende Kristalle nicht (z. B. Melilith, Apophyllit, Vesuvian etc.).

Die Doppelpyramiden sind geschlossene, die Prismen und die Basis offene Formen. Im kubischen System gibt es nur geschlossene Formen.

19. Rutil; Dimorphie. Anatas ist TiO_2 . In den Schweizer Alpen — auch anderswo — erscheint die Verbindung TiO_2 in Form einer zweiten Mineralart, Rutil, ebenfalls tetragonal und gleichsymmetrisch wie Anatas, aber nicht mehr wie dieser steil-doppelpyramidal oder gar dicktafelig, sondern säulig, stengelig, nadelig, haarförmig. Wiederum können wir das Achsenverhältnis bestimmen. Messung und Rechnung ergeben $a : c = 1 : 0,6442$. Dieser Wert ist irrational, ebenso wie beim Anatas (§ 15). Er lässt sich zum entsprechenden des Anatas in keine ersichtliche Beziehung bringen. Wir betrachten darum den Rutil als eine von Anatas grundverschiedene Mineralart und merken uns,

⁸ Die Formenbezeichnung des kubischen Systems kann nicht allgemein auf das tetragonale System übertragen werden. Im kub. Syst. haben wir Formen mit 4, 6, 8, 12, 24 und 48 Flächen, im tetrag. System jedoch solche mit 1, 2, 4, 8 und 16 Flächen. Den tetragonalen Formen gibt man darum neue Namen, die aber sehr einfach, ja selbstverständlich sind.

dass wohl jeder Mineralart ein gewisser Chemismus, aber nicht jedem Chemismus eine und nur eine Mineralart zugehört. Entsprechen einem gewissen Chemismus zwei, drei oder gar mehrere Mineralarten (d. h. Kristallzustände), so spricht man von Dimorphie, Trimorphie bzw. Polymorphie. Rutil und Anatas sind zueinander dimorph.

Die Verschiedenheit des Achsenverhältnisses für Anatas und Rutil — bei anderen tetragonalen Mineralien finden wir noch andere Werte (vergl. Anm. 12) — lehrt uns, dass im tetragonalen System $a : c$ keine allgemein gültige Grösse ist, sondern von Mineralart zu Mineralart wechselt, für jede aber praktisch konstant bleibt und deshalb als Bestimmungsmerkmal dienen kann.

Der Rutil ist in Richtung der c -Achse mehr oder weniger gestreckt⁹. Als Begrenzung haben wir vorab die Prismen $1a' : \infty a'' : \infty c$; $1a' : 1a'' : \infty c$ und $1a' : 2a'' : \infty c$, die nach dem Querschnitt näher als tetragonal (die beiden ersten) bzw. ditetragonal bezeichnet werden. Diese offenen Formen sind durch die Flächen der tetragonalen Bipyramide $1a' : 1a'' : 1c$ abgeschlossen. Untergeordnet (seltener vorherrschend) kommt hinzu $1a' : \infty a'' : 1c$ (ebenfalls tetragonale Bipyramide).

Wie grundverschieden Anatas und Rutil innerlich sind, erhellt aus dem in Fig. 13 dargestellten Gitterbau (Abstände im richtigen Verhältnis gezeichnet). Die Beschreibung der beiden Gitter darf hier übergangen werden, bemerkt sei aber, dass a . das Achsenverhältnis des Kristalls in engster Beziehung steht zu den Identitätsabständen des Gitterbaues¹⁰; b . die

⁹ Die Längen, die wir als Achseneinheiten bezeichnen (a' , a'' , c), stehen mit der Längs- oder Dickenentwicklung des Kristalls in keinem direkten Zusammenhang.

¹⁰ Die Seitenlängen der Grundflächenquadrate sind 5,27 bzw. 4,52 A. E., während die dazu senkrechten Elementar-Translationsgrössen 9,37 bzw. 2,91 A. E. messen (in der Anatasstruktur nur einmal dargestellt, in der Rutilstruktur dreimal wiederholt). Hieraus folgt für Anatas $5,27 : 9,37 = 1 : 1,777$ (d. h. $a : c$) und für Rutil $4,52 : 2,91 = 1 : 0,644$ (d. h. $a : c$). Auf ein Molekül TiO_2 trifft es beim Anatas 32,52, beim Rutil 29,72 Raumeinheiten. Der Rutil hat also die dichtere, festere Packung. Demgemäss liegt das

Ti-Atome bei Anatas anders verteilt sind als bei Rutil (von den Abständen ganz abgesehen); c. zwei O-Atome mit dem zugehörigen Ti-Atom auf einer zur c-Achse parallelen Geraden lie-

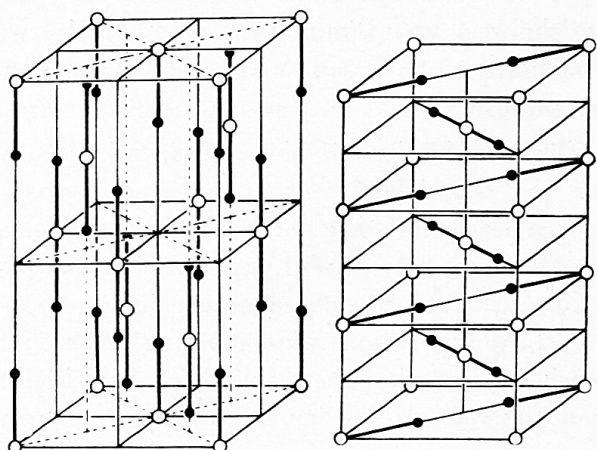


Fig. 13. Strukturmodelle von Anatas (links) und Rutil (rechts). Leere Kreise = Ti, ausgefüllte Kreise = O. Stellung so, dass die Grundflächen und Rückwände beider Modelle je in der gleichen Ebene liegen.

gen (Anatas) bzw. eine Grundflächendiagonale der tetragonalen Zelle besetzen¹¹ (Rutil; in der einen Horizontalebene wird nur die eine, in der benachbarten Ebene nur die andere Diagonalenrichtung besetzt).

20. Die Symmetrieklassen des tetragonalen Systems; Kupferkries. Anatas und Rutil¹² haben die höchste

spez. Gewicht bei Anatas zwischen 3,82 und 3,95 — bei Rutil zwischen 4,18 und 4,30.

¹¹ In Fig. 13 sind die Moleküle TiO_2 durch dicke Verbindungsstriche hervorgehoben. Gittergeometrisch wäre aber eine andere Punktuteilung richtiger. Näher als die gekoppelten O-Atome liegen jedem Ti-Atom vier andere O-Atome. Sie in der Zeichnung hervorzuheben, war unmöglich, da die Figur allzu unübersichtlich geworden wäre. — Die gezeichneten Linien haben übrigens keine geheimnisvolle physikalische Bedeutung; sie wollen nur die räumliche Lage der Massenpunkte festlegen.

¹² Zu Rutil gehören morphologisch Kassiterit (wichtiges Zinnerz) und Zirkon (als Hyazinth geschätzter Edelstein). Alle drei Mineralien stimmen hinsichtlich Chemismus, Achsenverhältnis ($a : c = 1 : 0,6723$ bzw. $1 : 0,6404$) und Formenentwicklung weitgehend überein; sie bilden eine isomorphe Gruppe (darüber weiter unten).

Symmetrie, welche mit dem tetragonalen Achsenkreuz vereinbar ist: auf einer horizontalen Symmetrieebene stehen 2 und 2 Symmetrieebenen senkrecht, die sich unter je 45° schneiden. Es resultieren dadurch 2 und 2 A^2 senkrecht auf einer A^4 . Indem man sich gewisse dieser Symmetrieebene wegfallen denkt, bekommt man neue Symmetrieklassen. Im Gegensatz zu der bei Rutil und Anatas gefundenen Höchstsymmetrie — Holoedrie — nennt man sie, wie im kubischen System, Hemiedrien (4) und Tetartoedrien (2).

Von den nicht holoedrischen Mineralien ist der Kupferkies (Fig. 14) technisch vielleicht am

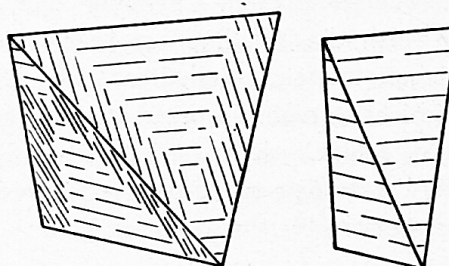


Fig. 14. Kupferkies (bisphenoidisch).

wichtigsten. $a : c = 1 : 0,985$, also fast kubisch. Die Symmetrie des Kupferkieses steht der von Zinkblende und Fahlerz nahe. Die Grundform ist ein Vierflächner (Fig. 14, links), der von einem richtigen Tetraeder (vergl. Fig. 11) kaum zu unterscheiden ist. Die Streifung, welche gelegentlich beobachtet wird, verrät aber sofort, dass nicht mehr kubische Symmetrie vorliegt. Uebrigens kommt der Kupferkies noch in andern, viel steileren (auch flacheren) Vierflächnern vor (Fig. 14, rechts), für die es kein kubisches Analogon gibt und die ohne weiteres ersehen lassen, dass die Kupferkies-Vierflächner mit dem kubischen Tetraeder nichts zu tun haben. Um dies auch sprachlich zum Ausdruck zu bringen, hat man diese Vierflächner mit dem Namen Bisphenoid (= Doppelkeil) belegt. Die Abschnittsverhältnisse der in Fig. 14 dargestellten Bisphenoide sind $1a' : 1a'' : 1c$ (links) und $1a' : 1a'' : 2c$ (rechts).

(Schluss folgt!)

Fribourg.

L. Weber.