

## XII. Über die verschiedenen Modifikationen des Carborundums und die Erscheinung der Polytypie.

Von

H. Baumhauer in Freiburg (Schweiz).

Über die Krystalle des Carborundums machte ich schon früher an dieser Stelle (Bd. 50, S. 33) eine Mitteilung, in welcher ich zeigte, daß dieselben in drei verschiedenen, von mir als »Typen« bezeichneten Modifikationen erscheinen, von denen jede durch eine bestimmte Formenreihe charakterisiert ist, welche aber sämtlich auf das nämliche Axenverhältnis (hexagonal  $a : c = 1 : 2,4532$ ) zu beziehen sind.

Die Krystalle des ersten Typus weisen rein rhomboëdrische Flächenentwicklung auf mit der doppelendigen primären Reihe:

(0004)...(5.0.3.11) (5038) (5035) (5032) (5031) (5034) (5037) (5.0.3.70) (5.0.3.73)...(0004)  
 (4071) (4072)

oder:

(111) . . (722) (611) (500) (477) (322) (233) (177) (055) (166) ... (111)  
 (100) (077)

Hier fehlt also die Prismenfläche  $(40\bar{7}0) = (2\bar{7}1)$ , wohl deshalb, weil sie nicht in die Reihe paßt. Die Krystalle des zweiten und dritten Typus lassen in der Anordnung ihrer Flächen nichts erkennen, was der rhomboëdrischen Hemiëdrie oder dem Hemimorphismus nach der Hauptaxe entsprechen würde, sind also anscheinend holoëdrisch mit folgenden primären Reihen:

Typus II:  $(20\bar{2}0)$   $(20\bar{2}1)$   $(20\bar{2}2)$   $(20\bar{2}3)$   $(20\bar{2}4)$   $(20\bar{2}5)$ ... $(0004)$ ;  
 $(40\bar{7}0)$   $(40\bar{7}1)$   $(40\bar{7}2)$

Typus III:  $(40\bar{4}0)$   $(40\bar{4}3)$   $(40\bar{4}6)$   $(40\bar{4}9)$ ... $(0003)$   
 $(40\bar{7}0)$   $(20\bar{2}3)$   $(0004)$ .

Diesen beiden Typen kommt das Prisma  $(40\bar{7}0)$  naturgemäß zu. Außer der Basis ist keine einzige Form allen drei Typen gemeinsam, wohl aber

sind zum Teil zwei Typen durch gemeinsame Flächen verknüpft. So haben Typus I und II gemeinsam (10 $\bar{1}$ 1) und (10 $\bar{1}$ 2), II und III gemeinsam (10 $\bar{1}$ 0) und (20 $\bar{2}$ 3). Typus I und III zeigen jedoch keine gemeinsamen Flächen, indes besitzt jeder von ihnen Beziehungen zu Typus II und das gleiche Axenverhältnis wie dieser<sup>1)</sup>. Bei den von mir damals an nicht zu reichem Material angestellten Messungen beobachtete ich Typus I an fünf, II an acht, III an vier Krystallen, außerdem aber an zwei Krystallen eine Verwachsung von Typus I mit II bei paralleler Basis und gleichgerichteten Nebenachsen. Die Krystalle der verschiedenen Typen erscheinen dicht nebeneinander, auch selbst alle drei zusammen auf demselben Stücke von Carborundum. Ich bemerkte: »An eine wesentliche Verschiedenheit der Krystalle hinsichtlich ihrer chemischen Zusammensetzung ist nicht wohl zu denken, wie denn auch die Bedingungen der Krystallisation für die verschiedenen Typen offenbar die gleichen sind. Dieser überraschenden Erscheinung wüßte ich kaum etwas ähnliches zur Seite zu stellen«.

Nach den von Becke<sup>2)</sup> auf der einen Basisfläche erhaltenen Ätzfiguren und dem ungleichen Verhalten der beiden Basisflächen selbst beim Ätzen sind die Krystalle des Carborundums wohl als rhomboëdrisch-hemimorph oder ditrigonal-pyramidal zu betrachten. Doch ist aus Becke's Angaben nicht zu ersehen, welchem Typus die von ihm geätzten Krystalle angehörten. Aus seinen Angaben betreffend die beobachteten Flächen ist jedoch zu schließen, daß er nur Krystalle des ersten und zweiten Typus in Händen hatte. Neuerdings von mir in gleicher Weise angestellte Ätzversuche waren allerdings insofern ohne Erfolg, als es mir nicht gelang, deutliche einzelne Ätzfiguren auf der Basis zu erhalten, indes zeigte sich bei allen drei Typen — bei Typus I zwar nicht so deutlich —, daß die eine Basisfläche stärker angegriffen wurde als die andere. Während jene matt wurde, blieb diese, wenn nicht zu lange geätzt war, fast vollkommen glänzend und spiegelnd.

Andererseits ist die erwähnte, von mir konstatierte Verschiedenheit der Formen für die einzelnen Typen durchaus charakteristisch und gesetzmäßig. Sie kann nicht verglichen werden mit der wechselnden Ausbildung gleichartiger Krystalle, welche man als verschiedenen Habitus oder verschiedene Tracht bezeichnet. Übergänge zwischen den einzelnen Typen gibt es nicht. Wenn ein solcher Übergang aufzutreten scheint, so handelt es sich in Wirklichkeit um eine regelmäßige Verwachsung von Individuen verschiedener Typen bei parallelen Achsen, wovon man sich bei genauer Untersuchung überzeugen kann. So beobachtete ich früher und neuerdings (s. unten) solche Verwachsungen von Typus I und II, I und III,

1) Über die Neigungswinkel der oben angeführten verschiedenen Flächen zur Basis s. l. c. S. 36.

2) Diese Zeitschr. 24, 537.

sowie von Typus II und III, ja vereinzelt auch von allen drei Typen in abwechselnden Schichten. Häufig kann man dabei mit der Lupe deutlich scharfe, horizontal verlaufende Grenzlinien, ähnlich den Zwillingsgrenzen zwischen den, verschiedenen Typen angehörigen Teilen beobachten; manchmal stoßen auch die dort benachbarten verschiedenartigen Flächen unter einspringenden Winkeln zusammen. Die Verwachsungsfläche ist, wie bemerkt, die Basis.

Während aber einerseits die einzelnen Typen vollkommen selbständigen Modifikationen des Carborundums entsprechen, entstehen sie andererseits aus derselben Schmelze und unter anscheinend ganz gleichen Bedingungen; man kann deshalb von ihnen nicht als von eigentlich stabilen und labilen Zuständen reden, soweit wenigstens die einfache Beobachtung ihres Auftretens lehrt.

Da die Krystalle der drei Typen bei oft vortrefflich ausgebildeten und einheitlich spiegelnden Flächen auf ein, soweit erkennbar, gleiches Axenverhältnis zurückzuführen sind, so könnte man daran denken, sie mit den  $\alpha$ - und  $\beta$ -Modifikationen gewisser mimetischer Krystalle oder auch des Quarzes zu vergleichen, bei welchen ja auch die Winkel der einen Modifikation mit denen der anderen sehr nahe bis so gut wie vollkommen übereinstimmen, so bei  $\alpha$ - und  $\beta$ -Boracit und bei dem aus gewöhnlichem  $\alpha$ -Quarz bei  $570^\circ$  entstehenden  $\beta$ -Quarz. Allein bei diesen Körpern beobachtet man deutlich mit Änderung der Temperatur einen Übergang aus der einen in die andere Modifikation, jedoch nicht beide Modifikationen nebeneinander oder gar miteinander verwachsen; andererseits sind die an ihnen auftretenden Flächen beiden Modifikationen eigentümlich, während die drei Modifikationen des Carborundums hinsichtlich der an ihnen erscheinenden Formenreihen charakteristische Unterschiede zeigen. Also auch in dieser Beziehung tritt uns hier ein ganz ungewöhnliches Verhältnis entgegen.

Inwieweit sich die drei Modifikationen außer durch die an ihnen auftretenden primären Reihen und die rhomboëdrische Flächenentwicklung (bei Typus I) einerseits, die scheinbar holoëdrische (bei Typus II und III) andererseits auch physikalisch unterscheiden, wurde noch nicht eingehend untersucht, wäre aber von großem Interesse zu wissen. Frazer fand an den bläulichgrünen und blauen Krystallen holoëdrischen Habitus, rhomboëdrischen bei den gelblichgrünen, welche nach Richards<sup>1)</sup> auch ein höheres spezifisches Gewicht besitzen sollen als die bläulichen. Ich selbst fand wenigstens für gewisse Krystalle des Typus I und II eine Beziehung zu ihrer Farbe, indem sich zeigte, daß die gelben durchscheinenden Krystalle dem Typus I, die dunkelgrünen dem Typus II angehören, während sich wiederum die schwarzen, alle demselben Stücke entnommen, auf alle

1) The journal of the Franklin Institute 1893, 136, 289.

drei Typen verteilen. Die Krystalle vom Typus III waren sämtlich der letzteren Art. Äußerst dünne Splitter von schwarzen Krystallen der Typen II und III scheinen unter dem Mikroskop beide mit dunkelgrauer oder schwarzblauer Farbe durch. Manche Krystalle von Typus II sind fast farblos bis tiefblau durchsichtig. Wenn diese Verhältnisse nicht zufällig sind — was weiterer Aufklärung bedarf — so könnte man vielleicht annehmen, daß gewisse färbende Beimischungen die an sich farblose Substanz des Carborundums gleichsam in der Art von Lösungsgenossen veranlassen, in Form des einen oder anderen Typus aufzutreten. Damit könnte auch eine geringe Verschiedenheit des spezifischen Gewichtes der verschiedenen Krystalle verbunden sein. Freilich bleibt dabei die häufige Verwachsung zweier oder aller drei Modifikationen in demselben, oft sehr kleinen Krystall schwierig zu erklären.

Da man es hier unzweifelhaft mit verschiedenen Modifikationen derselben Substanz zu tun hat, so ist auch eine Ungleichheit im molekularen oder atomistischen Bau der Krystalle der drei Typen zu erwarten. Derselbe tritt nun in den (von den Herren F. v. Hauer und P. Koller gemachten und in der folgenden Mitteilung besprochenen) Aufnahmen mit Röntgenstrahlen hervor, indem die so erhaltenen Interferenzbilder für jeden der drei Typen eine verschiedene Anordnung der Interferenzpunkte aufweisen.

Hinsichtlich der drei Modifikationen des Carborundums ist also folgendes festgestellt:

1. Alle drei Typen entstehen gleichzeitig aus derselben Schmelze und anscheinend unter den gleichen bzw. so gut wie gleichen Bedingungen;
2. Sie lassen sich in einfachster Weise auf das gleiche Axenverhältnis zurückführen (bei jedesmal besonderer primärer Reihe);
3. Je zwei Typen (I und II, II und III) haben gewisse Flächen gemeinsam, doch gibt es außer der Basis keine Fläche, welche an allen dreien zugleich auftritt;
4. Die Krystalle verschiedener oder auch aller drei Typen verwachsen häufig regelmäßig mit parallelen Axen;
5. Jedem Typus entspricht ein besonderes Röntgen-Interferenzbild, demnach ein besonderer molekularer oder atomistischer Bau.

Über die Krystallklasse, welcher die einzelnen Typen angehören, siehe Schluß dieser Mitteilung.

Die Selbständigkeit der einzelnen Typen und andererseits die auffallenden nahen Beziehungen zwischen denselben geben ihnen eine besondere Stellung unter den Modifikationen eines und desselben Stoffes, welche man als Beispiele von Polymorphismus bezeichnet. Es ist deshalb wohl berechtigt, diesen speziellen und wohl noch einzig dastehenden Fall auch mit einem besonderen Namen zu belegen; als solchen möchte ich die Bezeichnung »Polytypie« vorschlagen, um damit auszudrücken, daß es sich dabei um

verschiedenen kristallographischen und molekularen Bau eines Stoffes, demnach um wesentlich verschiedene Modifikationen handelt, für welche jedoch das Axenverhältnis dasselbe bleibt, so daß scheinbar nur ein verschiedener Habitus der Krystalle vorliegt, während gewisse Flächen an je zwei Typen gemeinsam auftreten bzw. auftreten können.

In letzter Zeit habe ich eine große Zahl von Carborundumkrystallen untersucht und gemessen. Dabei wurde besonders auf die Formenreihe, das Vorhandensein einer Verwachsung und auf Anzeichen geachtet, welche für die Bestimmung der Krystallklasse von Bedeutung sein können. Im folgenden seien einige dieser Krystalle speziell besprochen.

### Typus I.

1. Diesen wie auch die beiden folgenden Krystalle entnahm ich einer prächtigen Stufe, welche ich der Direktion des Elektrizitätswerkes Lonza (mit dem Sitz in Basel) verdanke. Die Krystalle sind von schwarzer Farbe. An Kr. 1 ist nur eine Basisfläche ausgebildet. Von ihr aus wurden in vier aufeinander folgenden Zonen die nachstehenden Flächen<sup>1)</sup> beobachtet:

- Zone 1:  $\frac{5}{8}R, R, \frac{5}{2}R$   
 » 2:  $-\frac{5}{7}R, -\frac{5}{4}R, -5R; \frac{5}{2}R, R, \frac{5}{8}R, \frac{5}{11}R$   
 » 3:  $R, \frac{5}{2}R; -5R, -\frac{5}{4}R, -\frac{5}{7}R, -\frac{1}{2}R, -\frac{5}{13}R$   
 » 4:  $-\frac{5}{7}R, -\frac{5}{4}R, -5R; \frac{5}{2}R, R, \frac{5}{8}R, \frac{5}{11}R.$

Die Entwicklung ist also eine vollkommen rhomboëdrische.

2. Auch hier ist nur eine Basisfläche ausgebildet, an welche sich in den sechs Zonen folgende Flächen anschließen:

- Zone 1:  $\frac{5}{8}R, R, \frac{5}{2}R; -5R$   
 » 2:  $-\frac{5}{7}R, -\frac{5}{4}R, -5R$   
 » 3:  $\frac{5}{8}R, R, \frac{5}{2}R; -5R, -\frac{5}{4}R$   
 » 4:  $-\frac{5}{7}R, -\frac{5}{4}R, -5R; \frac{5}{2}R$   
 » 5:  $\frac{5}{8}R, \frac{5}{2}R; -5R, -\frac{5}{4}R, -\frac{5}{7}R$   
 » 6:  $-\frac{5}{7}R, -5R; \frac{5}{2}R, R, \frac{5}{8}R, \frac{5}{11}R.$

3. Die eine Basisfläche ist viel weniger gut entwickelt als die andere und zum großen Teil matt. An die glänzende schließen sich in vier aufeinander folgenden Zonen an:

- Zone 1:  $\frac{5}{8}R, R, \frac{5}{2}R; -5R, -\frac{5}{4}R, -\frac{5}{7}R, -\frac{1}{2}R, -\frac{5}{13}R$   
 » 2:  $-\frac{5}{7}R, -\frac{5}{4}R, -5R; R, \frac{5}{8}R, \frac{5}{11}R$   
 » 3:  $\frac{5}{8}R, R, \frac{5}{2}R; -5R, -\frac{5}{4}R, -\frac{5}{7}R, -\frac{1}{2}R$   
 » 4:  $-\frac{5}{7}R, -\frac{5}{4}R, -5R; \frac{5}{2}R, \frac{5}{11}R.$

1) Im folgenden habe ich es vorgezogen, statt der Bravais'schen und Millerschen Symbole die kürzeren Naumann'schen zu verwenden, welche ja auch in einfachster Weise gestatten, rhomboëdrisch und pyramidal angeordnete Flächen auseinander zu halten. Auch habe ich je zwei an der Basis gegenüberliegende Flächenreihen (bzw. Zonenstücke) 1 und 4, 2 und 5, 3 und 6 jedesmal als besondere Zonen aufgeführt, wodurch die Darstellung übersichtlicher wird.

An den obigen drei Krystallen sind die zur gut entwickelten Basisfläche, welche als die obere bezeichnet sei, unter dem Normalwinkel von  $85^{\circ}57\frac{3}{4}'$  geneigten Flächen von  $5R$  deutlich bunt (blau oder grün) angelaufen, während dies bei den unten gelegenen, parallelen Flächen dieser Form (wie überhaupt bei den übrigen Flächen) nicht der Fall ist. Doch zeigen auch zuweilen die oberen Flächen von  $\frac{5}{2}R$  (Neigung zu  $0R = 84^{\circ}57\frac{3}{4}'$ ) teilweise oder ganz eine Anlaufarbe. Diese Erscheinung deutet für die Krystalle des Typus I auf Hemimorphismus nach der Hauptaxe hin. Beim starken Glühen an der Luft laufen alle Flächen dieser Krystalle bunt an, was aber die Bedeutung des geschilderten exzeptionellen Verhaltens gewisser Flächen nicht aufhebt.

### Typus II.

4. Dieser Krystall stellt den reinen Typus II dar, wie folgende Reihen zeigen.

$$\begin{aligned} \text{Zone 1: } & \frac{2}{3}P, P, 2P, \infty P, 2P, P, \frac{2}{3}P, \frac{1}{2}P \\ \text{» 2: } & \frac{2}{3}P, P, 2P, \infty P, 2P, P, \frac{2}{3}P, \frac{1}{2}P \\ \text{» 3: } & \frac{2}{3}P, 2P, \infty P, 2P, \frac{2}{3}P, \frac{1}{2}P. \end{aligned}$$

$\frac{1}{2}P$  tritt in diesen Zonen nur an einem Ende des Krystalles auf, was ich auch sonst an Krystallen dieses Typus beobachtete. Eine Gesetzmäßigkeit liegt hierin jedoch nicht, da diese Form auch häufig an beiden Enden erscheint.

5. Dieser Krystall wurde mit den folgenden 6—10 einem und demselben Stücke entnommen, welches nur Krystalle des Typus II zu bieten scheint. Sie zeichnen sich dadurch aus, daß von den beiden Basisflächen die eine bunt angelaufen ist, während dies bei der anderen nicht der Fall ist. Im folgenden sind die Flächen bei diesen Krystallen immer so aufgeführt, wie sie von der nicht bunt angelaufenen Basisfläche nach der bunten hin aufeinander folgen. Hier beobachtete ich in einer Zone:  $\frac{1}{2}P, \frac{2}{3}P, P, 2P, \infty P, 2P, P, \frac{2}{3}P, \frac{1}{2}P$ .

6. Der Habitus weist auf Hemimorphismus hin, indem die Flächen von  $\frac{2}{3}P$ , welche nach der bunten Basis zu liegen, überwiegend entwickelt sind, während die anderen fehlen. Man beobachtet in

$$\begin{aligned} \text{Zone 1: } & \infty P, 2P, P, \frac{2}{3}P, \frac{1}{2}P \\ \text{» 2: } & \infty P, 2P, \frac{2}{3}P, \frac{1}{2}P \\ \text{» 3: } & \infty P, P, \frac{2}{3}P. \end{aligned}$$

Die Flächen von  $\infty P, 2P, P$  und  $\frac{1}{2}P$  sind sehr schmal, sodaß der Krystall wie eine einfache, abgestumpfte Pyramide erscheint. Auch ein zweiter, sehr kleiner, ähnlich gebildeter Krystall zeigt neben  $0P$  vorherrschend  $\frac{2}{3}P$  an einem Ende.

7. In einer Zone treten folgende Flächen auf:

$$\frac{1}{2}P, \frac{2}{3}P, P, 2P, \infty P, 2P, P, \frac{2}{3}P, \frac{1}{2}P.$$

Auch dieser Krystall erhält durch die sehr stark entwickelten, an der Seite der bunten Basis gelegenen Flächen von  $\frac{2}{3}P$  einen hemimorphen Habitus. Er ist, wie auch der folgende, besonders interessant dadurch, daß er auf der bunten Basis sehr kleine weiße Flecken zeigt, in welchen winzige, unter dem Mikroskop zu beobachtende gleichseitige Dreiecke mit konkaven Seiten und gerundeten Ecken liegen, in denen selbst man wieder drei schwarze Strahlen oder Spitzen bemerkt, die nach den Ecken des Dreiecks gerichtet sich unter  $120^\circ$  schneiden. Diese eigentümlichen Gebilde sind mit ihren Seiten nach den Umrisslinien der vom Protoprisma begrenzten Basis orientiert und untereinander parallel. Sie können, ähnlich wie die von Becke beobachteten Ätzfiguren, als Beweis dafür angesehen werden, daß der sie tragende Krystall der rhomboëdrisch-hemiëdrischen oder der trigonal-hemiëdrischen Klasse angehört. Da aber die angegebene Verschiedenheit der beiden Basisflächen ebenso wie ihr ungleiches Verhalten gegen Ätzung auf Hemimorphie hindeutet, so wäre in Wirklichkeit für die betreffenden Krystalle, wie für alle Krystalle des Typus II, die ditrigonal-pyramidale Klasse anzunehmen.

8. In einer Zone wurde gemessen:  $\frac{2}{3}P, P, 2P, \infty P, 2P, P, \frac{2}{3}P, \frac{1}{2}P$ . Die kleinen Dreiecke, welche auch bei diesem Krystall auf der bunt angelaufenen Basisfläche erscheinen, treten hier in zwei um  $60^\circ$  bzw.  $180^\circ$  gegeneinander gedrehten Stellungen auf, was auf eine Zwillingsbildung nach  $\infty P$  bezogen werden kann. Indes sind Zwillingsgrenzen auf der betreffenden Basisfläche nicht zu erkennen.

9. und 10. An diesen beiden Krystallen wurden je in einer Zone beobachtet:  $\frac{1}{2}P, \frac{2}{3}P, P, 2P, \infty P, 2P, P, \frac{2}{3}P, \frac{1}{2}P$ .

11. Der Krystall (von anderer Stufe als die vorigen) besitzt tonnenförmige Gestalt; er zeigt auch die seltene  $\frac{2}{3}P$ . In einer Zone erscheinen:  $\frac{2}{3}P, \frac{2}{3}P, P, 2P, \infty P, 2P, P, \frac{2}{3}P, \frac{1}{2}P, \frac{2}{3}P$ .

### Typus III.

12. Dieser und die beiden folgenden Krystalle wurden dem nämlichen Stücke entnommen, wie die in meiner ersten Mitteilung<sup>1)</sup> besprochenen gleicher Art; sie sind von schwarzer Farbe und treten in Gesellschaft von solchen des ersten und zweiten Typus auf. Außer durch ihre Flächen unterscheiden sie sich von letzteren in interessanter Weise dadurch, daß ihre Prismenflächen stets bunt angelaufen sind, was bei den Krystallen vom Typus II nicht der Fall ist. Da die Anlauffarben wohl auf eine oberflächliche chemische Veränderung der Substanz zurückzuführen sind, so deutet dieser Unterschied auf eine verschiedene Angreifbarkeit der Prismenflächen in beiden Fällen, demnach auch auf eine Verschiedenheit des atomistischen Baues hin. Ist man auf diesen Unterschied einmal aufmerksam geworden,

1) l. c. S. 37.

so kann man hier die Krystalle dieser beiden Typen ohne weitere Untersuchung sogleich nebeneinander erkennen. An Krystall 12 treten nacheinander folgende Flächen auf:

$$\frac{4}{3}P, \infty P, \frac{4}{3}P, \frac{2}{3}P, 0P, \frac{2}{3}P, \frac{4}{3}P, \infty P, \frac{2}{3}P.$$

13. und 14. Beide Krystalle weisen in einer Zone auf:

$$\frac{2}{3}P, \frac{4}{3}P, \infty P, \frac{4}{3}P, \frac{2}{3}P, \frac{4}{3}P.$$

In beiden Fällen beobachtet man also  $\frac{4}{3}P$  nur an einem Ende der Hauptaxe.

15. Reiner Typus III, nach der Vertikalaxe gestreckt, schwarz mit prächtig stahlblau angelaufenen Prismenflächen, wie bei allen der Stufe Lonza (s. oben) entommenen Krystallen dieses Typus. Aufeinander folgend wurden gefunden:

$$\frac{2}{3}P, \frac{4}{3}P, \infty P, \frac{4}{3}P, \frac{2}{3}P, 0P, \frac{4}{3}P, \frac{2}{3}P, \frac{4}{3}P, \infty P, \frac{2}{3}P.$$

#### Typus I + II.

16. Verwachsung von vorherrschendem Typus I (mit oft breiten Flächen) mit in Form einer dünnen Schicht parallel der Basis aufliegendem Typus II (mit sehr schmalen Flächen). In fünf aufeinander folgenden Zonen wurden, von derselben Fläche  $0P$  ausgehend, bestimmt:

$$\begin{aligned} \text{Zone 1: } & \frac{1}{2}P, \frac{2}{3}P, (\text{Typus II}); -\frac{5}{4}R, -\frac{5}{4}R, -5R \\ \text{» 2: } & \frac{1}{2}P, \frac{2}{3}P; \frac{5}{8}R, R, \frac{5}{2}R, -5R, -\frac{5}{4}R \\ \text{» 3: } & \frac{2}{3}P, P; -\frac{5}{4}R, -5R, \frac{5}{2}R, R \\ \text{» 4: } & \frac{1}{2}P, \frac{2}{3}P; R, -5R, -\frac{5}{4}R \\ \text{» 5: } & \frac{2}{3}P; -\frac{5}{4}R, -\frac{5}{4}R, -5R, \frac{5}{2}R(?). \end{aligned}$$

Die letzte Fläche in Zone 5 ist sehr klein, vielleicht zweifelhaft.  $\frac{2}{3}P$  und  $\frac{5}{8}R$  in Zone 2 bilden einen einspringenden Winkel (Neigungen zur Basis  $62^\circ 6'$  und  $60^\circ 32\frac{1}{2}'$ ). Bei den zu Typus I gehörigen Flächen tritt die rhomboëdrische Anordnung sehr deutlich hervor, doch fehlen in Zone 4 die positiven Rhomboëderflächen.

17. Ziemlich großer Krystall, zeigt Teile von Typus I und Typus II, mehrfach in Schichten abwechselnd, dabei aber Flächen von I in einer Anordnung, welche einer Zwillingungsverwachsung nach der Basis entspricht. Ich fand aufeinander folgend in drei Zonen:

$$\begin{aligned} \text{Zone 1: } & \frac{2}{3}P, P; -\frac{5}{4}R, -5R; \frac{2}{3}P, P, 2P, \infty P, 2P; -\frac{5}{4}R \\ \text{» 2: } & \frac{2}{3}P, \infty P, 2P; -5R, -\frac{5}{4}R, -\frac{5}{4}R; 2P, \infty P, 2P, P, \frac{2}{3}P; \frac{5}{8}R, \frac{5}{4}R \\ \text{» 3: } & \frac{2}{3}P, P; -\frac{5}{4}R, -5R; \infty P, 2P; -\frac{5}{4}R, -\frac{1}{2}R. \end{aligned}$$

Infolge der erwähnten Zwillingusbildung liegen von Typus I

$$\begin{aligned} \text{in Zone 1: oben } & -\frac{5}{4}R, -5R; \text{ unten } -\frac{5}{4}R \\ \text{» » 2: oben } & \text{keine Flächen; unten } -5R, -\frac{5}{4}R, -\frac{5}{4}R, \text{ ferner } \frac{5}{8}R, \frac{5}{4}R \\ \text{» » 3: oben } & -\frac{5}{4}R, -5R; \text{ unten } -\frac{5}{4}R, -\frac{1}{2}R. \end{aligned}$$

In Zone 2 fehlen also oben die Flächen positiver Rhomboëder, während unten diejenigen negativer Rhomboëder und dann nach einer Unterbrechung durch Flächen des Typus II solche positiver Formen erscheinen.

**Typus I + III.**

18. Von dieser Verwachsung fand ich nur ein Beispiel in einem Krystall, welcher derselben Stufe wie 12—14 entnommen war. Er zeigt vorherrschend deutliche rhomboëdrische Flächenentwicklung gemäß Typus I in vier aufeinander folgenden Zonen, daneben in zwei dieser Zonen Verwachsung mit einem wenig entwickelten Krystall des dritten Typus. Demgemäß wurden folgende Flächen von  $0R$  aus gemessen:

- Zone 1:  $-\frac{5}{7}R, -\frac{5}{4}R, -5R; \frac{5}{2}R, \frac{5}{8}R$
- › 2:  $\frac{1}{4}R, R; -5R, -\frac{5}{4}R, -\frac{5}{7}R, -\frac{1}{2}R; \frac{2}{3}P, \frac{4}{3}P$
- › 3:  $-\frac{5}{7}R, -\frac{5}{4}R, -5R; R; \frac{4}{3}P, \frac{2}{3}P$
- › 4:  $\frac{5}{11}R, \frac{5}{8}R, R, \frac{5}{2}R; -5R, -\frac{5}{4}R, -\frac{5}{7}R, -\frac{1}{2}R.$

In Zone 2 wurde als sehr schmale Fläche die neue Form  $\frac{1}{4}R$  beobachtet, deren Neigung zur Basis sich zu  $35^{\circ}48\frac{1}{2}'$  berechnet (gefunden  $35^{\circ}20'$ ). Diese Form paßt in die primäre Reihe der am Typus I auftretenden Flächen, wobei ihr Symbol  $(5.0.\bar{5}.20) = (40.5.5)$  zu schreiben ist.

**Typus II + III.**

19. Stellt die Verwachsung eines vorherrschenden Krystalls vom Typus III mit einer dünnen aufgelagerten Schicht vom Typus II dar. Bestimmt wurden von letzterer Schicht bzw. von  $0P$  derselben aus nacheinander folgende Flächen (diejenigen des Typus II in Klammern):

$$[0P, \frac{1}{2}P, \frac{2}{3}P] \frac{2}{3}P, \infty P, \frac{4}{3}P, \frac{2}{3}P, \frac{4}{3}P, 0P, \frac{4}{3}P, \frac{2}{3}P, \frac{4}{3}P, \infty P, \frac{4}{3}P.$$

Die erste Fläche  $\frac{2}{3}P$  zeigt eine horizontale Trennungslinie, gehört also zum Teil dem Typus II, zum Teil dem Typus III an. Die Flächen  $\infty P$  sind, als solche des Typus III, blau angelaufen. Ein anderer Krystall II + III, ebenso wie 19 der Stufe Lonza entnommen, zeigt auf  $\infty P$  eine horizontale Teilung in ein glänzend schwarzes und ein prachtvoll stahlblau angelaufenes Feld, woraus ersichtlich, daß das erstere dem Typus II, das zweite dem Typus III angehört. An diesem letzten Krystall fand ich noch in dem zu Typus III gehörigen Teile eine neue Form  $\frac{1}{3}P$  als winzige Fläche mit der Neigung zur Basis  $43^{\circ}20\frac{1}{2}'$  (ber.  $43^{\circ}24\frac{1}{2}'$ ). Dieselbe paßt (als  $\frac{1}{3}P$ ) genau in die primäre Reihe des Typus III.

20. Von der am vollkommensten ausgebildeten Basisfläche aus beobachtet man in drei benachbarten Zonen folgende Flächen (Typus II in Klammern):

- Zone 1:  $[\frac{2}{3}P], \frac{4}{3}P, \frac{2}{3}P$
- › 2:  $[\frac{2}{3}P, P], P(?), \infty P, \frac{4}{3}P, \frac{2}{3}P$
- › 3:  $[\frac{2}{3}P, P, 2P] \frac{4}{3}P, \infty P, \frac{2}{3}P.$

Eine äußerst zarte horizontale Trennungslinie zieht sich über  $\frac{2}{3}P$  (Typus II) in der ersten Zone, trifft dann  $P$  in der zweiten und  $2P$  in der dritten. In der zweiten Zone stößt dort an  $P$  des Typus II ein schmaler Flächenstreifen, dem Typus III angehörend, welcher zur Basis unter  $69^\circ 45'$  geneigt ist und deshalb nur angenähert als  $P$  betrachtet werden kann, was  $70^\circ 33\frac{1}{2}'$  erfordert. Ganz ähnlich stößt in der dritten Zone an  $2P$ , durch die Trennungslinie davon geschieden, ein schmaler Flächenstreifen, welcher zum Typus III gehört und zur Basis unter  $78^\circ 54\frac{1}{2}'$  geneigt ist, aber keiner sonst an diesem Typus auftretenden Fläche entspricht (oben nicht aufgeführt). Es scheint demnach die Verbindung von Krystallen verschiedener Typen hier zur Bildung von Vizinalflächen an den Verbindungsstellen zu führen, für die besondere Symbole zu berechnen wohl nicht angezeigt ist.

### Typus I + II + III.

21. Dieser Krystall liefert ein schönes Beispiel der Verwachsung aller drei Typen. In drei aufeinander folgenden Zonen konnten Messungen gemacht werden, welche zur Feststellung nachstehender Flächen von der besonders glänzenden Basis aus führten:

Zone 1.	Zone 2.	Zone 3.
$\frac{2}{3}P$ , II	$\frac{1}{2}P$ , II	$\frac{1}{2}P$ , II
$P$ , II	$\frac{2}{3}P$ , II	$\frac{2}{3}P$ , II
$\infty P$ , II und III	$\frac{4}{3}P$ , III	$\frac{4}{3}P$ , III
$\frac{4}{3}P$ , III	$\infty P$ , III	$\infty P$ , III
$-\frac{5}{4}R$ , I	$\frac{4}{3}P$ , III	$\frac{4}{3}P$ , III
$-\frac{5}{7}R$ , I	$R$ , I	$-\frac{5}{7}R$ , I
$\frac{2}{3}P$ , III	$\frac{5}{8}R$ , I	$\frac{2}{3}P$ , III
	$\frac{2}{3}P$ , III	$\frac{4}{3}P$ , III
	$\frac{4}{3}P$ , III	

Interessant ist hier zunächst die Fläche  $\infty P$  der ersten Zone. Sie ist durch eine horizontale Trennungslinie in zwei Teile geteilt, von denen der eine, nach  $P$ , also hier nach oben gelegene nicht eigenfarbig bunt ange laufen ist, der andere aber, nach  $\frac{4}{3}P$  bzw. nach unten gerichtete eine schön rote Anlauffarbe zeigt. Die betreffende Fläche gehört also zum oberen Teil dem Typus II, zum unteren dem Typus III an. Auch in den Zonen 2 und 3 ist die (jedesmal sehr schmale) Prismenfläche rot ange laufen, entsprechend ihrer Zugehörigkeit zu Typus III. Zwischen  $\frac{2}{3}P$  und  $\frac{4}{3}P$  in Zone 3 oben verläuft eine deutliche Trennungslinie, desgleichen zwischen  $\frac{4}{3}P$  und  $-\frac{5}{7}R$  unten. Die Verteilung der dem Typus I angehörenden Flächen auf die verschiedenen Zonen ist eine genau rhomboëdrische. Hier folgen also von oben nach unten Teile der Typen II, III, I und III aufeinander.

Was schließlich die Krystallklasse betrifft, welcher die drei Modifikationen zuzuteilen sind, so kommen zu deren Beurteilung die Flächenentwicklung, die Flächenbeschaffenheit, das Verhalten beim Ätzen und das Röntgenogramm in Betracht. Die Flächenentwicklung würde an und für sich bei Typus I für die rhomboëdrisch-hemiëdrische, bei Typus II und III für die hexagonal-holoëdrische Klasse sprechen. Die ungleiche Beschaffenheit der beiden Basisflächen, von denen eine oft viel weniger gut entwickelt ist als die andere, und der ungleiche Widerstand beider gegenüber dem Ätzmittel sprechen hingegen für Hemimorphismus nach der Hauptaxe. Dies stimmt bei Typus I überein mit der Beobachtung, daß zuweilen gewisse Rhomboëderflächen, an einem Ende der Krystalle gelegen, bunt angelaufen sind, während dies bei den parallelen nicht der Fall ist (vgl. Kr. 3), ferner bei Typus II damit, daß oft eine Basisfläche bunt angelaufen ist, die andere nicht (vgl. Kr. 5). Die kleinen Dreiecke, welche auf der bunt angelaufenen Basisfläche gewisser Krystalle vom Typus II auftreten, sprechen andererseits auch bei diesem Typus für trigonale Symmetrie. Das Röntgenogramm für Typus I weist deutlich trigonale Symmetrie auf, dasjenige für Typus II und III hingegen hexagonale, entsprechend der Flächenentwicklung. Bei Typus III könnte die bei gewissen Krystallen gleichmäßig auf allen Prismenflächen erscheinende Anlauffarbe (vgl. Kr. 12 und 15) als auf hexagonale Symmetrie deutend aufgefaßt werden. Faßt man das Gesagte zusammen, so ist man wohl berechtigt, die Typen I und II der trigonal-hemiëdrisch-hemimorphen (ditrigonal-pyramidalen), Typus III hingegen einstweilen noch der hexagonal-hemimorphen (dihexagonal-pyramidalen) Krystallklasse zuzuweisen. Es ist indes nicht ausgeschlossen, daß auch der letztere derselben Klasse wie Typus I und II angehört. Das Auftreten von drei Modifikationen derselben Substanz bei gleichem Axenverhältnis und gleicher Symmetrie neben im Röntgenbild hervortretender deutlicher Verschiedenheit des atomistischen Krystallbaues wäre dann um so merkwürdiger.