Ueber Umlagerungen in Zwillingsstellung am Chlorbaryum, $BaCl_2 + 2H_2O$.

Von

O. Mügge in Münster i. W.

Mit Tafel IV.

Die Krystalle des Chlorbaryum mit 2 Molekülen Krystallwasser galten bis vor kurzem für rhombisch; Wyrubow hat dann kürzlich[1] gezeigt, dass sie monoklin sind, sich aber in ihren geometrischen Verhältnissen rhombischer Symmetrie beträchtlich nähern. Die früher als $\infty P\bar{\infty}$ (010) gedeutete, stets vorherrschende Fläche ist die Symmetrie-Ebene; der Winkel β wird 91° 5′; der Winkel des Prismas 116° 36′, derjenige des Klinodomas 113° 34′, so dass in geometrischer Hinsicht zugleich eine Annäherung an tetragonale Symmetrie zu Stande kommt, die sich im Axenverhältniss durch annähernde Gleichheit der Axen $\grave{a}$ und $\overset{|}{c}$ ausdrückt; es wird nämlich:

$$\grave{a} : \bar{b} : \overset{|}{c} = 0{,}61775 : 1 : 0{,}65491;\ \beta = 91^0\ 5'^2.$$

Die beobachteten Flächen sind: $\infty P\bar{\infty}$ (010), $P\bar{\infty}$ (10$\bar{1}$), $-P\bar{\infty}$ (101), ∞P (110), $\infty P\grave{2}$ (120), $P\bar{\infty}$ (011), $2P\bar{\infty}$ (021), P (11$\bar{1}$), $-P$ (111); sie combiniren sich an den einfachen Krystallen zu anscheinend tetragonalen Tafeln, indem Säulen und Klinodomen und ebenso positive und negative Orthodomen und Hemipyramiden ziemlich gleich gross ausgebildet sind.

---

[1] Bull. soc. franç. de min. 1886. IX. p. 262—266.

[2] Bei Wyrubow l. c. p. 265 muss es heissen:

$$c\left(= \frac{\bar{b}}{\grave{a}}\right) = 1{,}6188 \text{ statt } 1{,}6191.$$

Die Krystalle sind aber fast stets verzwillingt, und zwar nach Wyrubow nach 0P (001), wobei die Zusammensetzungsfläche z. Th. // 0P (001), z. Th. auch (bei den „Durchkreuzungszwillingen") senkrecht dazu liegen soll: Zwillingslamellen sind sehr häufig. Die von Wyrubow entlehnte Fig. 1 zeigt einen Zwilling nach 0P (001).

Nach Wyrubow erhält man die besten Krystalle, wenn man eine mit Salzsäure angesäuerte Lösung zwischen 30° und 40° verdunsten lässt. Ich habe sehr brauchbare Krystalle durch langsames Abkühlen der heiss gesättigten neutralen Lösung erhalten. Die besten, von Mutterlauge-Einschlüssen fast freien Krystalle hatten die Form der Fig. 1; die Flächen $\pm P\bar{\infty}$ $(10\bar{1})$ und (101), meist nur schmal abgestumpft durch $+P$ $(11\bar{1})$ und $-P$ (111), herrschen gegenüber Klinodomen und Prismen stärker vor, selten fehlen letztere ganz. Die Krystalle sind etwa 1—2 mm. dick, bis 10 mm. lang. Aus angesäuerten Lösungen entstanden durch langsames Abkühlen dünnere, aber bis zu 2 cm. lange Krystalle, welche nach $\grave{a}$ gestreckt sind (anscheinend viel seltener nach $\grave{c}$, unter ca. 15 daraufhin untersuchten Krystallen fand sich nur ein nach der Axe $\grave{c}$ gestreckter). Sie sind meist mit einem Ende der Axe $\grave{a}$ aufgewachsen und enthalten oft viele Flüssigkeitseinschlüsse (Fig. 3)[1]. Aus ebensolchen Lösungen schieden sich auch Krystalle der Form Fig. 4 aus; neben $\infty P\grave{\infty}$ (010) herrschen wieder die Klinodomen; am Ende der $\grave{a}$-Axe entstand zunächst $\infty P\grave{2}$ (120), dann aber bildete sich eine dünnere Fortwachsung, welche sich durch $+P\bar{\infty}$ $(10\bar{1})$ und $-P\bar{\infty}$ (101), zuweilen noch mit $\infty P\grave{2}$ (120) und ∞P (110) (wie in Fig. 3) abgrenzte. Die Krystalle der Form Fig. 3 und 4 wurden auch aus Lösungen erhalten, welche neben $BaCl_2$ viel $SrCl_2$ und $CaCl_2$ enthielten; aus letzteren namentlich schieden sich aber auch nur scheinbar sehr ähnliche, meist viel kleinere (2—4 mm.) Krystalle ab, deren Form durch Vorherrschen von $P\bar{\infty}$ $(10\bar{1})$ oder $-P\bar{\infty}$ (101) bestimmt ist (Fig. 5 u. 6).

[1] Die Figuren 2—12 sind Projectionen auf $\infty P\grave{\infty}$ (010). Die Abweichung des Winkels β von 90° und die Differenz der Axen $\grave{a}$ und $\grave{c}$ mussten übertrieben werden, um die aus- und einspringenden Winkel der Zwillinge noch sichtbar zu machen.

Alle diese Krystalle, gleichviel von welchem Habitus, sind nun fast stets verzwillingt, und zwar nicht nur, wie Wyrubow angiebt, nach 0P (001), sondern gerade so oft und meist gleichzeitig nach $\infty P\bar{\infty}$ (100). Einfache Krystalle sind noch am häufigsten unter dem Typus Fig. 1, ganz frei von Zwillingslamellen sind aber nur wenige. Fast stets Zwillinge, und zwar nach 0P (001) sind die nach $\grave{a}$ gestreckten Krystalle (Fig. 3 stellt in den ausgezogenen Strichen einen solchen vor). Kleine Blättchen, wie sie meist im Chlorbaryum des Handels vorliegen oder durch rasches Verdampfen der Lösung erhalten werden, bauen sich oft aus zahllosen, nach 0P (001) und $\infty P\bar{\infty}$ (100) verzwillingten Lamellen auf.

Die Zwillingsgrenzen erscheinen meist, auch bei starker Vergrösserung, als haarscharfe Linien // 0P und $\infty P\bar{\infty}$, selten verlaufen sie annähernd // anderen Flächen ($P\bar{\infty}$ ($10\bar{1}$) oder — $P\bar{\infty}$ (101)) oder ganz unregelmässig. Da in den einfachen Krystallen eine Auslöschungsrichtung mit der Axe $\grave{a}$ einen Winkel von ca. 7° (nach Wyrubow 8°) (gelegen im spitzen Winkel β), die andere mit der Axe $\grave{c}$ einen Winkel von ca. 8° (im stumpfen Winkel β) bildet, so beträgt die Auslöschungsdifferenz der nach 0P (001) verzwillingten Theile etwa 14°, der nach $\infty P\bar{\infty}$ (100) verzwillingten etwa 16°.

Die nach $\grave{a}$ gestreckten Krystalle waren fast stets Zwillinge nach 0P (001), fast nie nach $\infty P\bar{\infty}$ (100); während ein nach $\grave{c}$ gestreckter Krystall ein Zwilling nach $\infty P\bar{\infty}$ (100) war; beide sind also, da die Zwillingsbildung wegen der symmetrischen Ausbildung dieser Krystalle jedenfalls schon im Anfange des Wachsthums eintrat, so weiter gewachsen, dass die beiden Individuen eine möglichst grosse Fläche gemein haben, eine Erscheinung, die oft wiederkehrt. So sind Spinell-, Diamant-, Bleinitrat-Krystalle, falls sie nach dem Oktaëder verzwillingt sind, meist tafelig nach der Zwillingsfläche ausgebildet; die nach $\infty P\bar{\infty}$ (010) tafeligen Albite sind verzwillingt nach dieser Fläche, die nach der Axe b verzwillingten Perikline sind stark ausgedehnt nach der Fläche des rhombischen Schnittes, ihrer Verwachsungsfläche.

Die Zwillingsbildung des Baryumchlorürs ist deshalb von besonderem Interesse, weil sie ausserordentlich leicht durch Druck oder Erhitzen hervorgerufen werden kann, viel leichter

noch als am Kalkspath, und weil die dabei stattfindenden Umlagerungen sich sehr bequem goniometrisch verfolgen lassen; ausserdem aber deshalb, weil hier zum ersten Male Beziehungen zwischen zwei verschiedenen Zwillingsgesetzen derselben Substanz und den dabei erfolgenden Umlagerungen, auf deren vermuthliche Existenz ich schon früher hingewiesen habe, experimentell bestätigt werden können.

Bringt man ein Täfelchen von Baryumchlorür unter das Mikroskop mit recht schwacher Vergrösserung zwischen gekreuzte Nicols, stellt das Blättchen auf das Maximum der Dunkelheit ein und drückt nun mit einer Nadelspitze auf das Blättchen, etwa in der Mitte, so sieht man von der Nadelspitze aus zahlreiche Lamellen //0P (001) und ∞P∞ (100) aufblitzen; die meisten verschwinden wieder bei nachlassendem Druck, einige aber bleiben, namentlich wenn der Druck heftig war und der Krystall verletzt wurde.

Um grössere Theile der Krystalle in Zwillingsstellung überzuführen und namentlich auch Theile mit bestimmten anliegenden Flächen in bestimmter Weise, nämlich entweder nach 0P (001) oder nach ∞P∞ (100) zur Umlagerung zu bringen, habe ich einen kleinen Apparat construirt, welcher in Fig. 7 abgebildet ist. Auf ein grösseres Objectglas abcd kittet man an der schmalen Seite einen Glasstreifen efgh; gegen den Rand dieses Glasstreifens presst man den Krystall mittelst eines zweiten beweglichen Glas-Plättchens iklm, welches auf einer Seite gerundet ist. Die Umlagerung erfolgt dann im allgemeinen nach derjenigen Zwillingsfläche, welche sich der zur Druckrichtung senkrechten Lage am meisten nähert. Ist also der in Fig. 7 umrissene Krystall verlängert nach $\grave{a}$, die Druckrichtung also annähernd //$\grave{c}$, so erfolgt Zwillingsbildung nach 0P (001). Als Trennungsebenen fungiren dabei, wenn der verzwillingte Theil den Krystall der ganzen Dicke nach durchsetzt, ausser der Zwillingsebene 0P (001) noch die Fläche ∞P∞ (100), und zwar entsteht an der Druckstelle ein von den Flächen ∞P∞ (100) und $\underline{\infty P\infty\ (100)}$ gebildeter Spalt, welcher um so weiter in der Druckrichtung in den Krystall eindringt, je stärker der Druck wird. Diese Trennungsebenen sind meist nicht sehr eben, namentlich oft etwas gewellt nach der Axe $\overline{b}$, wie die Spaltflächen des Anti-

monglanzes nach ă. Lässt man die gerundete Seite des Plättchens iklm sich auf der Kante P$\breve{\infty}$: P$\breve{\infty}$ (011 : 0$\bar{1}$1) des Krystalls abrollen, so beobachtet man u. d. M., dass die Spalte mit der Druckstelle fortschreitet, z. B. von α nach β hin; und zwar schliesst sich natürlich der Spalt bei α wieder, sobald ein neuer von gleicher Tiefe an einer neuen Druckstelle entsteht; zugleich vergrössert sich der in Zwillingsstellung übergeführte Theil in demselben Maasse. Die Zwillingsgrenze schreitet mit dem Spalt geradlinig // 0P (001) fort, so lange der Druck merklich gleich bleibt; vergrössert man denselben, so verschiebt sie sich, z. B. in der Figur von pq nach rs. Auch nachdem der Druck aufgehört hat, bleibt der umgelagerte Theil meist in seiner Stellung und die Spalte bei β schliesst sich nicht wieder; zuweilen, als starker Druck angewandt war, schob sich die Zwillingsgrenze langsam von rs wieder an eine frühere Stelle, z. B. pq, zurück. Rollt man das bewegliche Plättchen zurück, so gelingt es meistens ganz gut, den ganzen umgelagerten Theil wieder in die ursprüngliche Stellung und den Spalt wieder zum Schliessen zu bringen. Man kann so denselben Krystalltheil mehrfach hin und her klappen lassen; Zwischenstellungen sind natürlich weder geometrisch noch optisch wahrzunehmen.

Durch Druck in der Richtung der Axe à entstehen mit derselben Leichtigkeit wie vorher Umlagerungen in Zwillingsstellung nach ∞P$\bar{\infty}$ (100) und von 001 und $\underline{\underline{001}}$ [1] begrenzte Spalten. An Krystallen wie Fig. 3, welche schon Zwillinge nach 0P (001) sind, kann man durch Druck // à sowohl einen Theil von a in Zwillingsstellung nach ∞P$\bar{\infty}$ (100) überführen (c) (vergl. Fig. 3) wie auch den unterhalb c gelegenen Theil von b: es würde dann ein von den Flächen 0P (001) begrenzter Spalt von 4 . 1° 5′ = 4° 20′ Öffnungswinkel an der Spitze des Krystalls entstehen. Die Spalte fällt dabei meist nicht genau mit der Zwillingsgrenze der Theile a und b zusammen, sondern läuft oft dicht daneben her; so dass eine besonders leichte Trennung nach der Zwillingsfläche nicht zu beobachten ist. Presst man Krystalle in einer zu à und ć

[1] Die nach 0P (001) verzwillingten Theile sollen durch einfaches, die nach ∞P$\bar{\infty}$ (100) verzwillingten durch doppeltes Unterstreichen kenntlich gemacht werden.

ungefähr gleich geneigten Richtung, so erfolgt die Umlagerung bald nach 0P (001), bald nach $\infty P\bar{\infty}$ (100); die entstehenden Spalten folgen auch dann meist $\infty P\bar{\infty}$ (100) bez. 0P (001), seltener sind sie unregelmässig oder verlaufen ungefähr // $\pm P\bar{\infty}$ ($10\bar{1}$ und 101).

Bemerkenswerth ist, dass die Grenzflächen der Spalten noch sichtbar bleiben, auch nachdem dieselben durch fortschreitende Umlagerung der benachbarten Theile (wie z. B. von α nach β in Fig. 7) wieder geschlossen sind, so dass mehrfach hin- und hergeschobene Theile meist von vielen Spalten durchsetzt sind. Es wird dies offenbar durch geringe Einschlüsse von Luft bewirkt, welche beim Schliessen des Spaltes nicht vollständig wieder von den Flächen entfernt wird. In Folge dessen tritt auch längs dieser geschlossenen Spalten leicht Absonderung ein, so dass also ein Krystall, welcher früher einmal verzwillingt war, jetzt dagegen keine Spur von Zwillingslamellirung mehr zeigt, gleichwohl noch Absonderung, nicht nach den Zwillingsflächen, sondern nach diesen die Spalten begrenzenden Flächen aufweisen kann. (Dies wird wohl auch für einen Theil der Diallage zutreffen, welche Absonderung nach $\infty P\bar{\infty}$ (100), aber keine Spur von Lamellen weder nach 0P (001) noch nach $\infty P\bar{\infty}$ (100) zeigen.)

Von den früheren Zwillingsgrenzen ist dagegen, wenn die umgelagerten Theile wieder in die ursprüngliche Stellung zurückgeführt sind, nichts mehr zu sehen.

Den Umlagerungen durch Druck ganz gleiche können auch durch Erhitzen hervorgerufen werden, sobald man dafür sorgt, dass dabei Spannungen im Krystall entstehen. Legt man z. B. einen grösseren Krystall auf ein Metallstäbchen, so, dass ein Theil über den Rand des letzteren wegragt, und erhitzt jetzt entweder das Metallstäbchen rasch oder hält den überragenden Theil des Krystalls direct in die Flamme, so zeigt der nicht getrübte Theil des Krystalls zahlreiche Zwillingslamellen und auch umgelagerte Theile von grösserer Ausdehnung. Betupft man einen Krystall u. d. M. mit einem glühenden Platindraht, so blitzen in der Nähe der Berührungsstelle zahlreiche Lamellen auf, welche bei Entfernung des Drahtes meist wieder verschwinden; nur die von der entwässerten Berührungsstelle selbst ausgehenden meist nur

feinen und kurzen Lamellen bleiben erhalten. Die erheblicheren Umlagerungen sind also die Folge der durch Wärmestrahlung bewirkten Spannung. Erhitzt man dagegen Blättchen im Luftbade ganz allmählich bis zum eintretenden Wasserverlust (70° ca.), so treten keine Zwillingsbildungen ein[1].

Da bei Zwillingsbildung nach 0P (001) die Spalten von $\infty P\bar{\infty}$ (100) und $\underline{\infty P\bar{\infty}}$ $\underline{(100)}$, bei Zwillingsbildung nach $\infty P\bar{\infty}$ (100) die Spalten von 0P (001) und $\underline{\underline{0P}}$ $\underline{\underline{(001)}}$ begrenzt sind, kann man, da die Fläche $\infty P\bar{\infty}$ (010) nur parallel sich selbst verschoben wird, schon vermuthen, dass die Grundzone im ersten Falle mit der verticalen, im zweiten mit der Klino-Axe zusammenfalle[2]. Denn da bei dieser Annahme die Richtungen c bez. à die grössten Lagen-Änderungen erfahren (weil unter allen Dreiecken von gleicher Höhe und gleicher Basis das gleichschenklige den grössten Winkel an der Spitze hat), so werden bei eintretender Umlagerung die Spannungen $\underline{|}$ c bez. $\underline{|}$ à Maxima sein. Dies wird denn auch durch die Messung der Begrenzungselemente der umgelagerten Theile vollkommen bestätigt.

Bei Zwillingsbildung nach 0P (001) gehen die Flächen $P\bar{\infty}$ $(10\bar{1})$ über in $\underline{-P\bar{\infty}}$ $\underline{(101)}$; umgekehrt $-P\infty$ (101) in $\underline{P\bar{\infty}}$ $\underline{(10\bar{1})}$; es entstehen daher, wie aus den in Fig. 8 dargestellten Winkelverhältnissen folgt, auf $-P\bar{\infty}$ (101) und $P\bar{\infty}$ $(10\bar{1})$ ein- bez. ausspringende Winkel von $180^0 \pm 1^0\,8'$. Die anliegenden Flächen $\pm P$ $(11\bar{1})$ und (111) werden natürlich zu Flächen $\underline{\mp P}$ $\underline{(111)}$ und $\underline{(11\bar{1})}$.. Die Klinodomen werden nur parallel sich selbst verschoben; die verticalen Prismen unter Beibehaltung ihrer Indices in die zu 0P (001) symmetrischen Stellungen übergeführt.

---

[1] Bei anderen Krystallen, z. B. Kryolith und Leadhillit ist dies dagegen unter denselben Umständen der Fall, während bei gewöhnlicher Temperatur Druck nicht auf sie einwirkt. Bei ihnen muss also die Labilität des Molekularnetzes bei höherer Temperatur zunehmen, und dann sehr gross werden, so dass schon sehr geringe Spannungen zu Umlagerungen führen.

[2] Nach der mir inzwischen zugegangenen Abhandlung von Liebisch (Nachr. d. k. Ges. d. Wiss. zu Göttingen No. 15, 1887) sind also die Ebenen z_2, in welchen, wie in den Gleitflächen selbst keine Verzerrungen stattfinden, bei Zwillingsbildung nach 0P (001) die Fläche $\infty P\bar{\infty}$ (100), bei Zwillingsbildung nach $\infty P\bar{\infty}$ (100) dagegen 0P (001). Das Verhältniss der Schiebung ist $\sigma = 1{,}0191$, die Grösse der Schiebung $\sigma - \frac{1}{\sigma} = 0{,}0378$.

Bei Zwillingsbildung nach $\infty P\bar{\infty}$ (100) werden wie vorher die Flächen $\pm P\bar{\infty}$ und die anliegenden Flächen $\pm P$ umgelagert in $\mp P\bar{\infty}$ und $\mp P$, so dass auf ersteren ein- und ausspringende Winkel von $180^0 \pm 1^0\ 2'$ entstehen (vergl. Fig. 9); die verticalen Prismen werden nur parallel sich selbst verschoben, die Klinodomen unter Beibehaltung ihrer Indices in die symmetrisch zu $\infty P\bar{\infty}$ (100) gelegenen übergeführt. Die Umlagerung erfolgt also ebenso, wie sie am Diopsid für die Zwillinge nach 0P (001) nachgewiesen, für diejenigen nach $\infty P\bar{\infty}$ (100) gemuthmaasst wurde. Wegen der geringen Abweichung des Winkels β von 90^0 sind hier die Lagenänderungen allerdings nur klein, indessen sind die aus- und einspringenden Winkel noch ganz gut zu erkennen, sonst sind umgelagerte Theile natürlich optisch nachzuweisen; fast ebenso sicher aber findet man dieselben, zumal wenn sie den Krystall nicht der ganzen Dicke nach durchsetzen, also ihre optischen Verhältnisse nicht festzustellen sind, am Goniometer durch die Nebenreflexe auf $\pm P\bar{\infty}$ im Abstande von $1^0\ 8'$ oder $1^0\ 2'$ vom Hauptreflex. Die geringe Differenz dieser Abstände (6′) lässt beiderlei Nebenreflexe oft nicht mehr sicher unterscheiden: dann hilft aber der Sinn der Abweichung vom Hauptreflex (vergl. Fig. 9 u. 8, Fig. 2, Fig. 10).

Die folgende Tabelle I enthält eine Zusammenstellung der wichtigsten an den einfachen Krystallen gemessenen und berechneten Winkel; der Rechnung sind die Wyrubow'schen Fundamentalwinkel zu Grunde gelegt. Die Neigungen der Flächen erweisen sich im allgemeinen nicht als sehr constant, auch gute Reflexe zeigen erhebliche Abweichungen von W.'s Daten, während andere auch gut damit stimmen. Die Tabelle II enthält die an den durch Druck verzwillingten Krystallen gemessenen Winkel und die an den nicht umgelagerten Theilen gemessenen, soweit dieselben zum Vergleich nöthig waren. Es folgen dazu auf p. 11—12 noch einige Bemerkungen. Die Tabelle III enthält einige Messungen an den die Spalten begrenzenden Flächen und den Absonderungsflächen, welche mit den Zwillingsflächen zusammenfallen und durch Druck mit einer Nadel oder Aufsetzen eines Messers auf die Zwillingsgrenze frei gelegt wurden.

Tabelle I.

	Gemessen	Berechnet
$0\bar{1}0 : 011$	56° 49′	56° 47′
— : 021	37 18½	37 22
— : 110	58 17	58 18
— : 120	38 58	39 0
$010 : 11\bar{1}$	114 9½	114 24
— : 111	113 52	113 59
$— : 1\bar{1}\bar{1}$	65 36	65 36
$101 : 10\bar{1}$	86 37	86 40
$\bar{1}11 : 011$	137 58	138 2½
111 : 011	138 42½	138 47½
$101 : \bar{1}\bar{1}\bar{1}$	23 54	23 59

Tabelle II.

Nro.	Kryst.		Gemessen	Berechnet
1	1	$101 : 10\bar{1}$	178° 53′	178° 52′
2	—	$010 : 101$	90 12	90 0
3	—	$010 : 10\bar{1}$	90 14	„ „
4	—	$010 : 011$	123 31	123 13
5	—	$010 : 011$	123 31	„ „
6	2	$101 : \bar{1}01$	181 8½	181 8
7	—	$\bar{1}01 : \bar{1}01$	85 32	85 32
8	—	$101 : \bar{1}01$	181 1½	181 2
9	3	$101 : 10\bar{1}$	178 47½	178 52
10	—	$101 : 10\bar{1}$	178 59½	178·58
11	5	$010 : 0\bar{1}1$	56 48	56 47
12	—	$— : 0\bar{1}1$	56 54	„ „
13	—	$010 : 011$	123 7	123 13
14	—	$010 : 011$	123 12	„ „
15	—	$011 : 011$	178 8	178 11
16	—	$0\bar{1}1 : 0\bar{1}1$	178 8	„ „
17	6	$010 : 0\bar{1}1$	56 51	56 47
18	—	$010 : 0\bar{1}1$	56 45	„ „
19	—	$010 : 011$	123 2	123 13
20	—	$010 : 011$	123 3½	„ „
21	7	$\bar{1}01 : \bar{1}11$	155 47½	155 36
22	—	$101 : 111$	156 8½	156 16

Nro.	Kryst.		Gemessen	Berechnet
23	7	$\bar{1}01 : 101$	178° 57′	178° 58′
24	—	$\bar{1}01 : \bar{1}01$	85 28½	85 32
25	—	$10\bar{1} : 101$	178 50	178 52
26	—	$\bar{1}11 : 111$	179 5	178 56
27	—	$\bar{1}11 : 111$	178 54½	178 51½
28	—	$\bar{1}01 : 101$	178 50	178 52
29	—	$\bar{1}\bar{1}1 : 1\bar{1}1$	179 5	178 56
30	9	$110 : 110$	177 22	178 10
31	—	$1\bar{1}0 : 1\bar{1}0$	177 44½	„ „
32	—	$120 : 120$	178 22	178 38
33	—	$101 : 10\bar{1}$	178 47	178 52
34	10	$111 : \bar{1}11$	180 55	181 4
35	—	$111 : \bar{1}11$	181 12	181 8½
36	—	$101 : \bar{1}01$	181 6½	181 8
37	—	$101 : \bar{1}01$	181 1½	181 2
38	11	$101 : \bar{1}01$	178 49½	178 52
39	—	$101 : \bar{1}01$	178 59½	178 58
40	14	$101 : \bar{1}01$	181 9	181 2
41	—	$10\bar{1} : \bar{1}01$	181 3½	181 2
42	—	$021 : 021$	178 39	178 49
43	—	$0\bar{2}1 : 0\bar{2}1$	178 44½	„ „
44	—	$011 : 011$	178 14	178 11
45	—	$0\bar{1}1 : 0\bar{1}1$	178 13	„ „
46	—	$111 : \bar{1}11$	180 56	181 4
47	—	$1\bar{1}1 : \bar{1}11$	180 58½	„ „
48	15	$0\bar{1}0 : 110$	58 23½	58 18
49	—	$0\bar{1}0 : 120$	39 5	39 0
50	—	$010 : 101$	90 6	90 0
51	—	$010 : \bar{1}01$	90 6	„ „
52	—	$010 : 1\bar{1}1$	113 58	113 59
53	—	$— : \bar{1}11$	114 27	114 24
54	—	$0\bar{1}0 : 111$	65 58½	66 1
55	—	$0\bar{1}0 : \bar{1}11$	65 33½	65 36
56	16	$101 : 101$	92 13	92 12
57	—	$101 : \bar{1}01$	91 12	91 10

Tabelle III.

	Gemessen	Berechnet
010 : 001	89° 8′ u. 91° 20′	90° 0′
— : —	90 14 u. 91 58	„ „
100 : $\underline{100}$	1 20[1]	2 10
„ : „	2 7[1]	„ „
001 : 010	89 4	90 0
— : —	89 38	„ „
100 : —	90 21	„ „
001 : $\underline{\underline{001}}$	2 33	2 10
001 : $\underline{100}$	90 54	91 5
$10\bar{1}$: 100	136 15	136 9

Bemerkungen zu Tabelle II.

2. und 3. Es ist der Winkel der beiden Flächen vor und nach der Umlagerung gemessen. Die Abweichung von der normalen Lage ist nahezu dieselbe geblieben.

4 und 5. Ebenso.

6—8. Vergl. Fig. 2. Die parallel sich selbst verschobenen Flächentheile von $P\grave{\infty}$ (011) und ∞P (110) spiegeln gleichzeitig mit den unverschobenen ein, geben zusammen nur 1 einfaches Bild.

11 und 12. Wie bei 2 und 3. Die Flächen $0\bar{1}1$ und $\underline{\underline{0\bar{1}1}}$ zeigen jede 3 Bilder, deren Abstand gefunden wurde zu $6' + 49\frac{1}{2}' = 55\frac{1}{2}'$ und $8' + 44' = 52'$.

13 und 14. Wie bei 2 und 3; ebenso 17, 18 und 19, 20.

21 und 22. Wie bei 2 und 3; vergl. Fig. 10, in welcher die Kanten nach der Umlagerung durch starke ausgezogene, die Zwillingsgrenzen durch starke gestrichelte, die ursprünglichen Kanten durch feine gestrichelte Linien dargestellt sind.

27. und 28. Diese Messungen beziehen sich auf das kleine rechts oben vom Spalt liegende nach 001 umgelagerte Stück der Fig. 10.

30—32. Der Krystall, an welchem diese Messungen ausgeführt wurden, war ursprünglich ein Zwilling nach 0P (001), sehr symmetrisch ausgebildet. Es gelang durch Pressung parallel zur Zwillingsebene den Krystall bis auf eine schmale Lamelle in der Mitte einheitlich zu machen; der stumpfe einspringende Winkel von ∞P und $\underline{\infty P}$ u. s. w. war verschwunden. Als dies am Goniometer festgestellt werden sollte, zeigte sich, dass durch den schwachen Druck beim Aufsetzen auf das Wachs schon die ursprüngliche Lagerung wieder herbeigeführt war; der Krystall wurde daher von neuem einheitlich gemacht und gab nun auch nach vorsichtigem Aufsetzen auf dem Goniometer einheitliche Reflexe.

[1] Winkel des Spaltes, gemessen unter dem Mikroskop.

40—47. Vergl. Fig. 6. Der Krystall war gestreckt nach $P\bar{\infty}$ (10$\bar{1}$); die Messungen 40, 46 und 47 beziehen sich auf das kleine, ebenfalls nach $\infty P\bar{\infty}$ (100) umgelagerte Stück links oben; derartige Umlagerungen, welche nur sehr kleine Theile des Krystalls ergreifen, entstehen ausserordentlich leicht und finden sich fast an allen Krystallen, mit welchen längere Zeit gearbeitet ist; sie verrathen sich dann namentlich durch schwache Nebenbilder auf $\pm P\bar{\infty}$. — Die Flächen $\bar{1}11$, $\underline{\underline{011}}$, 011, $\underline{\underline{\bar{1}11}}$ und 111 liegen in einer Zone, und ihre Reflexe folgen sich in der angegebenen Reihenfolge.

48—55. Vergl. Fig. 5. Der Krystall ist gestreckt nach $-P\bar{\infty}$ (101). Die Messungen 50 und 51 zeigen die gleiche Abweichung der Flächen 101 und $\underline{\underline{10\bar{1}}}$ vor und nach der Umlagerung von der normalen Lage. 52 und 53, 54 und 55, wie bei 2 und 3.

56 und 57. Vergl. Fig. 3. Der Krystall war ursprünglich ein symmetrischer Zwilling nach 0P (001). Die Messung 56 ist vor der weiteren Umlagerung angestellt; der Theil c ist durch Pressung parallel zur Zwillingsebene nach $\infty P\bar{\infty}$ (100) umgelagert; er ist also in Bezug auf den Theil b überhaupt nicht in Zwillingsstellung; der letztere enthält aber auch noch kleinere nach 0P (001) und $\infty P\bar{\infty}$ (100) umgelagerte, in der Figur nicht gezeichnete Theile. Die Auslöschungsdifferenz zwischen b und c beträgt nur $2^0\,10'$. Denkt man sich den unterhalb c liegenden Theil von b auch noch nach $\infty P\bar{\infty}$ (100) in Zwillingsstellung gebracht (d), so entsteht zwischen c und d ein Spalt von $4 \,.\, 1^0\,5' = 4^0\,20'$ Öffnungswinkel. Wird der Spalt während des Wachsthums wieder ausgefüllt, so erscheint dann das ganze wie ein Durchkreuzungszwilling nach 0P oder $\infty P\bar{\infty}$ mit auf einander fast senkrechten Zwillingsgrenzen, denn die Auslöschungsdifferenz von $2^0\,10'$ zwischen den nicht zusammenstossenden Theilen c und b und a und d fällt nicht auf. So sind vermuthlich auch die von Wyrubow l. c. p. 264 beschriebenen und abgebildeten Durchkreuzungszwillinge zu deuten, da Wyrubow die Zwillingsbildung nach $\infty P\bar{\infty}$ (100) ganz übersehen hat. Ich habe an derartigen Gebilden stets constatiren können, dass, wenn die Theile a und b bei Parallelstellung der Zwillingsgrenze mit einem Nicolhauptschnitt gleich hell waren, dies dann für a und c, also auch für c und b nicht zutraf.

Von grosser Bedeutung für die Entstehung der Zwillinge überhaupt erscheint mir noch die Begrenzung der verzwillingten Theile derjenigen Krystalle, welche Druckwirkungen noch nicht unterlegen haben. Es zeigt sich nämlich, dass Zwillingslamellen und auch grössere verzwillingte Theile vielfach nicht symmetrisch zum Haupttheil ausgebildet sind, sondern von solchen Flächen begrenzt sind, wie sie es sein müssten, wenn die Lamellen secundär entstanden wären. Da man bei grösseren Krystallen, welche auf dem Boden der Gefässe und

unter einander festgewachsen sind, angesichts der Leichtigkeit, mit welcher die Umlagerungen erfolgen, niemals sicher ist, dass die verzwillingten Theile nicht secundär erst entstanden sind, habe ich bis jetzt zur Feststellung dieser Thatsache nur sehr kleine, zu goniometrischen Messungen nicht geeignete Krystalle verwenden können, welche durch Verdampfen der Lösung auf Objectgläschen sich gebildet hatten. Fig. 11 a und 11 b zeigt solche Formen; Umrisse, wie sie bei symmetrischem Wachsthum auftreten müssten, wurden an manchen Krystallen gar nicht beobachtet; alle (oft recht breiten) Zwillingslamellen waren, wo sie auf Flächen $\pm P\infty$ austraten, von Flächen $\mp P\infty$ begrenzt, so dass nur ganz stumpfe aus- und einspringende Winkel wie bei secundären Lamellen vorhanden waren. Man muss darin ein weiteres Beweismoment für die schon früher von mir ausgesprochene Vermuthung sehen, dass die während des Wachsthums gebildeten Zwillinge durch ganz analoge Umlagerungen wie die secundären zu Stande kommen.

Ausserdem aber würde aus dieser Beobachtung folgen, dass eine sichere Erkennung der secundären Natur von Zwillingslamellen durch Ermittlung ihrer Begrenzung auf Krystallflächen doch nicht möglich ist, dass es jedenfalls nöthig ist, namentlich Umlagerungen etwaiger Absonderungsflächen und die Vicinalreflexe zu berücksichtigen. Nun kommen aber unter den primär verzwillingten Theilen der Krystalle von Chlorbaryum auch solche vor, deren Begrenzung mit secundärer Entstehung nur bei Annahme einer besonderen Form des ursprünglichen Krystalls vereinbar sein würde (Fig. 12 a u. b), so dass es immerhin möglich erscheint, wenigstens den Wahrscheinlichkeitsbeweis für stattgehabte Umlagerung zu führen, wenn die Begrenzungselemente möglichst zahlreicher und auf möglichst verschiedenen Flächen austretender Lamellen sich alle auf dasselbe Umlagerungsschema (dieselbe Zwillingsebene und dieselbe Grundzone) zurückführen lassen. Jedenfalls erscheinen nun noch weitere Messungen der Begrenzungselemente von unzweifelhaft primär verzwillingten Theilen natürlicher und künstlicher Krystalle wünschenswerth. Sollte sich dabei ähnliches wie am Chlorbaryum herausstellen, so wäre damit vielleicht die Möglichkeit gegeben, die Richtung der Grund-

zone auch für solche verzwillingte Krystalle zu ermitteln, welche secundäre Umlagerungen nicht eingehen.

Da O. Lehmann (Zeitschr. f. Kryst. 1. p. 486) gerade am Chlorbaryum einen Einfluss von Verdickungsmitteln in der Lösung auf die Zwillingsbildung beobachtet hat, schien es mir von Interesse noch einige Versuche darüber anzustellen.

Lehmann versetzte die Chlorbaryumlösung mit Gummi und erhielt alsdann baumförmige Krystalle, deren primäre und secundäre Ästchen in Zwillingsstellung zu einander waren (vergl. l. c. Taf. XXII, Fig. 65). Welches dabei die Zwillingsfläche ist, giebt L. nicht an; $\infty P\bar{\infty}$ (100) oder 0P (001) kann L. nicht gemeint haben, da er Chlorbaryum noch als rhombisch betrachtet. Ich habe mich bei der Wiederholung des Versuches nicht davon überzeugen können, dass primäre und secundäre Ästchen in Zwillingsstellung sich befinden. Man erhält diese Gruppirungen auch sehr leicht ohne Zusatz von Gummi, wenn man nur die Lösung ziemlich rasch auf einem Objectgläschen verdampfen lässt. Der Winkel der Auslöschungen zwischen den primären und secundären Ästchen ist durchaus schwankend, zuweilen 0^0; bei näherer Betrachtung erkennt man, namentlich an den Enden der Ästchen, dass sich dieselben aus zahlreichen nach $\overset{|}{c}$ oder $\grave{a}$ an einander gereihten, nach $\infty P\bar{\infty}$ (010) tafeligen Kryställchen der gewöhnlichen Form aufbauen, welche auch alle vielfach nach 0P (001) und $\infty P\bar{\infty}$ (100), gerade wie die grossen Krystalle verzwillingt sind. Aber bei Zusatz von Gummi werden die Zwillingslamellen nicht feiner und nicht zahlreicher als ohne denselben.

Mischt man die gesättigte Chlorbaryumlösung mit dem doppelten Volumen Wasser und etwa $\frac{2}{5}$ Volumen dicken Gummis, so erhält man ausgezeichnete Sphärolithe, wenn zwei Tropfen des Gemisches auf einem Objectgläschen etwa zur Grösse eines 10-Pfennigstückes ausgebreitet und mässig schnell über der Flamme verdampft werden. Das Präparat gleicht zwischen gekreuzten Nicols einem Schliff aus Lithophysenreichem Liparit von Schemnitz; die Arme der dunklen Kreuze gehen den Hauptschnitten der Nicols nahezu parallel.

An einer andern Stelle (Zeitschr. f. Kryst. 8, p. 450, 451) erwähnt dagegen O. Lehmann schon, dass die als rhom-

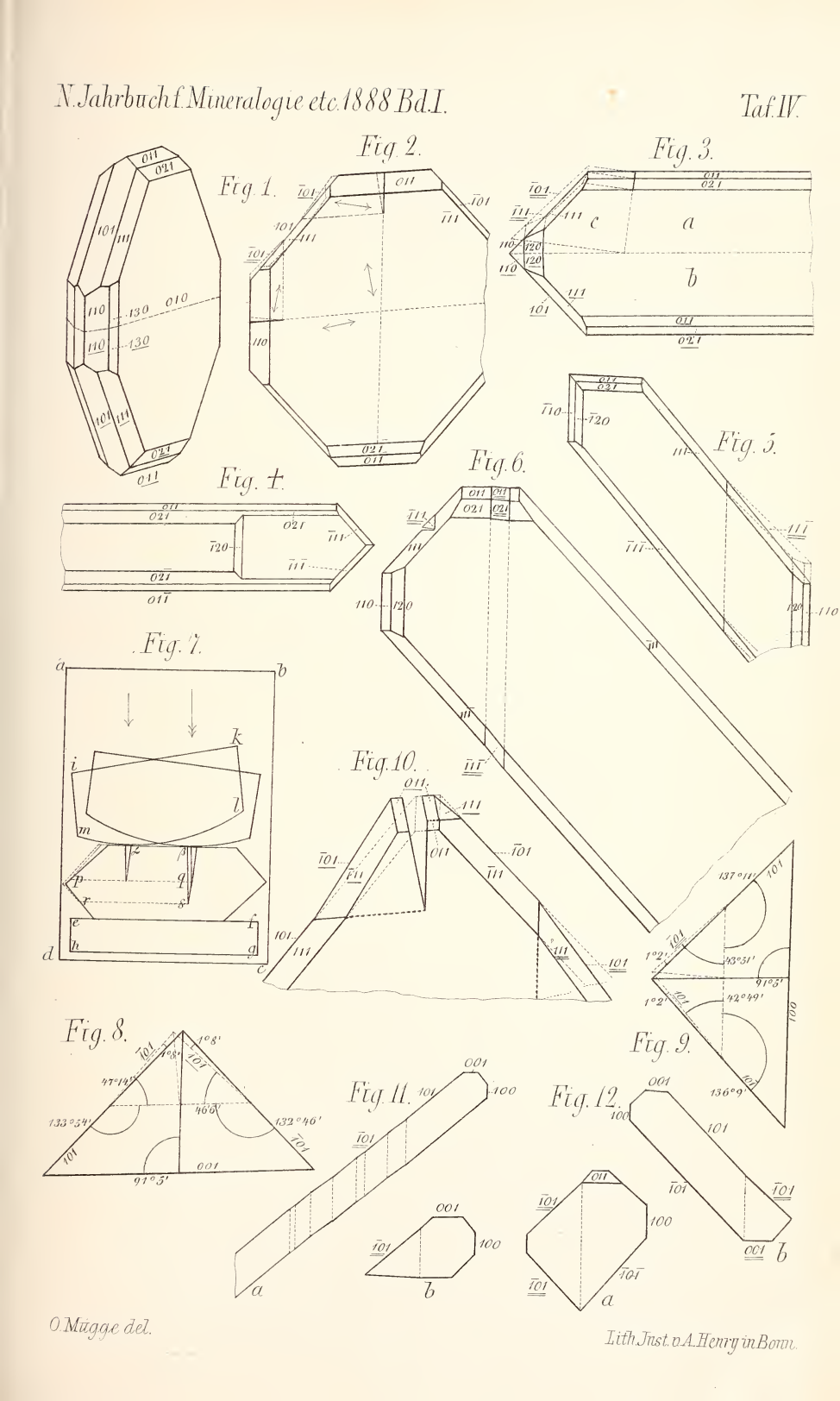
bisch geltenden Krystalle des Chlorbaryums durchaus nicht einfache zu sein scheinen, und verweist dabei wieder auf die grosse Neigung dieser Substanz zur Zwillingsbildung bei Zusatz von Gummi. Zugleich führt er an, dass sich bei starkem Zusatz von Salzsäure anscheinend wasserärmere Krystalle von fast gleicher Form bei vorherrschender Längenausdehnung bilden, welche von den gewöhnlichen, anscheinend quadratischen Tafeln aufgezehrt werden, wenn dieselben in ihre Nähe kommen. Es sind die Krystalle mit vorherrschender Längenausdehnung möglicherweise identisch mit den nach à gestreckten Krystallen (Fig. 3. 4). An derselben Stelle giebt Lehmann auch an, dass bei Mengung von Chlorstrontium und Chlorbaryum zunächst Krystalle entstehen ähnlich den „wasserärmeren" Krystallen von Chlorbaryum, indessen schöner ausgebildet, wahrscheinlich isomorphe Mischungen. „Beim Abkühlen wandeln sie sich, namentlich beim Drücken oder Ritzen, sofort in ein Aggregat der gewöhnlichen Krystalle um. Eine Zwischenschicht bei der Umwandlung ist nicht wahrzunehmen, so dass der Vorgang durchaus nicht den Eindruck macht als ob eine Modification mit grösserem Wassergehalt vorläge, sondern lediglich eine solche anderer Form."

Von mir angestellte Versuche aus gemischten Lösungen Mischkrystalle von Chlorbaryum und Chlorstrontium zu erhalten, waren vergeblich. Aus concentrirten Lösungen von Chlorstrontium krystallisirt reines Chlorbaryum, und zwar, wie es auch aus Lehmann's Angaben hervorzugehen scheint, meist in den nach à gestreckten Krystallen. Die Analyse ergab für die aus der Strontium reichsten Mischung erhaltenen Krystalle nur 0,67 % Chlorstrontium, und da diese Krystalle klein waren, also von der anhängenden Mutterlauge nur unvollkommen gereinigt werden konnten, ausserdem Einschlüsse von Mutterlauge enthielten, so ist diese kleine Menge $SrCl_2$ sicherlich mechanisch beigemengt, zumal die physikalischen und geometrischen Eigenschaften durchaus dieselben waren wie diejenigen des reinen Chlorbaryums. Umlagerungen dieser Krystalle in eine andere Modification habe ich nicht beobachten können, vielleicht hat auch Lehmann nur jene Umlagerung in Zwillingsstellung beobachtet, ohne sie als solche zu erkennen.

Die Darstellung von Mischkrystallen von Chlorbaryum und Chlorcalcium mit 2 Molekülen Wasser ist mir ebenfalls nicht gelungen. Die aus Chlorcalcium reichster Lösung erhaltenen Krystalle von Chlorbaryum enthielten noch 98 % Chlorbaryum und waren mit den gewöhnlichen identisch.

Als isomorph mit Chlorbaryum wird dagegen das entsprechende Bromsalz angegeben, das in makroskopischen guten Krystallen bekannt ist. Dieses Salz geht nun in der That ebenfalls Umlagerungen ein, dieselben verlaufen aber ganz anders als am Chlorbaryum; es soll darüber später berichtet werden.

Münster i. W., August 1887.



O. Mügge del.

Lith. Inst. v. A. Henry in Bonn.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie

Jahr/Year: 1888

Band/Volume: 1888

Autor(en)/Author(s): Mügge Johannes Otto Conrad

Artikel/Article: Ueber Umlagerungen in Zwillingsstellung am Chlorbaryum 131-146