Bemerkungen zu der Arbeit von J. W. Retgers: „Zur Definition des Begriffes ‚Krystall'".

Von

L. Wulff in Schwerin i. Meckl.

In der oben citirten Arbeit (dies. Jahrb. 1895. II. 167) hat J. W. Retgers es unternommen, einige der bisherigen Definitionen des Krystallbegriffes zu besprechen und dieselben um zwei zu vermehren (l. c. p. 170 u. 192).

Dass die von J. W. Retgers berücksichtigten Definitionen so sehr von einander abweichen, erklärt sich leicht aus der Stellung der Krystallographie zu den anderen Wissenschaften. Sie ist bisher nicht zur Selbständigkeit gelangt, sondern wurde meist von Mathematikern, Physikern, Chemikern und Mineralogen als Theil ihrer speciellen Wissenschaft getrieben. So ist es auch erklärlich, dass wir mehrfach bei den Titeln der Lehrbücher über Krystallographie die specialisirenden Zusätze geometrisch, physikalisch, chemisch finden.

Ich will den lebenden Aufstellern der von J. W. Retgers angegriffenen Definitionen nicht vorgreifen und kann auch die Mängel einiger alten Definitionen nicht bestreiten. Diese Mängel sind ja durch die Schwierigkeit einer Materie wie das Wesen der Krystalle genügend entschuldigt, aber einem der verstorbenen Mineralogen spielt J. W. Retgers doch zu arg mit, so dass ich den Angriff gegen denselben, nämlich gegen Quenstedt, entschieden abweisen muss, sowohl was Form als Inhalt anbelangt (l. c. p. 180). Der alte Forscher erscheint hierbei in einem durchaus falschen Lichte.

Quenstedt hat in seinem Handbuche an der citirten Stelle[1] in der 3. Auflage keine Definition geben wollen, sondern der von J. W. Retgers mitten aus einem Absatz gerissene und als Definition hingestellte Satz hat eine ganz andere Bedeutung.

Der vollständige Text heisst:

„Krystallbildung.

Wenn Körper aus flüssigem oder gasförmigem Zustand in festen übergehen, sondern sich ihre Atome symmetrisch, falls kein teigartiger Zwischenzustand stattfindet, wie beim Glase, und die Theile Zeit haben, sich zu ordnen. Sonst entstehen amorphe Massen. Folglich sind die Krystalle chemische Producte, welche sich im Schoosse der Erde auf natürlichem Wege durch Juxtaposition der Molecüle gebildet haben. Dabei nimmt es freilich oft Wunder, wie in dem Complex so vieler Zufälligkeiten sich dennoch Formen bilden konnten, die keine chemische Kunst bisher auch nur annähernd nachzubilden vermag“ u. s. w.

Der von J. W. Retgers angeführte Satz will also nur, wie es der Überschrift entspricht, die Bildung der Krystalle (und zwar wie in dem stets aufs Praktische gerichteten Handbuch der Mineralogie erklärlich ist, der Mineralkrystalle) kennzeichnen im Gegensatz zur Bildung der Thiere und Pflanzen.

Dass Quenstedt nicht gegenüber den künstlichen Krystallen einen engherzigen Standpunkt einnimmt, lehrt uns ein Absatz p. 204:

„Durch diese und andere Mittel ist der Chemiker im Stande, immer mehr Licht über die Krystallbildung zu verbreiten, und kann er auch bisher nur geringe Nachahmungen zeigen, so könnte doch leicht dereinst die Zeit kommen, wo die Natur von der Kunst in den meisten Formen erreicht, ja übertroffen würde. Dann wird man zwischen Mineralien und Chemikalien keine so bedeutende Scheidewand mehr ziehen wollen, als Mancher noch zu meinen scheint.“

Wollten wir eine Definition dessen, was Quenstedt sich unter Krystallen dachte, aufstellen, so müssten wir ausser dem hier angeführten Texte besonders die ersten Worte

[1] Quenstedt, Handbuch der Mineralogie. 3. Aufl. p. 200.

berücksichtigen, mit denen sein Handbuch nach einem kurzen Abriss der Geschichte der Mineralogie beginnt.

Hier geht er, wie auch sonst meist, in medias res, indem er beginnt:

„Structurlehre.

Pflanzen und Thieren gegenüber steht als Mineralindividuum der Krystall. Derselbe wird nicht bloss von Ebenen begrenzt, sondern den äusseren Ebenen gehen innen mehr oder weniger deutliche Blätterdurchgänge parallel“ u. s. w.

Hier hätte Quenstedt die Definition eines Krystalles geben müssen, wenn er es überhaupt gewollt hätte. Wollten wir eine aus seinen Angaben heraus bilden, so würde sie jedenfalls ganz anders lauten, als Retgers sie angiebt, da Quenstedt zu Anfang den Krystall als Individuum und ebenflächig kennzeichnet, wie es später J. W. Retgers thut, doch unterlasse ich am besten diese Definitionsbildung.

Wie wenig Quenstedt geneigt war, sich mit Definitionen aufzuhalten, zeigt auch der auf die „Krystallbildung“ folgende Abschnitt, wo es heisst (p. 206):

„Afterkrystalle (Pseudomorphosen).

Werner unterschied abgedrückte und incrustirte“ u. s. w.

Quenstedt setzt bei seinen Lesern voraus, dass sie einigermaassen wissen, was ein Krystall oder Afterkrystall ist.

Ist also die von J. W. Retgers angegebene Definition „ein Curiosum“, und gilt vom Verf. derselben, was Retgers sagt, dass nämlich „das Definiren nicht gerade seine starke Seite“ ist, so trifft Quenstedt weder der eine noch der andere Tadel.

Da J. W. Retgers die verschiedenen Definitionen des Krystallbegriffes einer meist nichts weniger als wohlwollenden Kritik unterzieht, so wird es auch nicht ungerecht sein, wenn wir die seinigen näher betrachten, und zwar will ich die vollständigere seiner Definitionen als Ausgangspunkt unserer Betrachtung machen. Sie heisst (l. c. p. 192):

„Ein Krystall ist ein von natürlichen ebenen Flächen umgrenztes, mehr oder minder frei ausgebildetes, festes Individuum.“

Das erste charakterisirende Wort seiner Definition ist „natürlich“, durch welches er wie vor ihm auch andere

Autoren Bruchstücke, Spaltungsformen u. dergl. als Nichtkrystalle kennzeichnen will. Dieser Anschauung kann man eine gewisse Berechtigung nicht absprechen, sie hat aber in der Durchführung Schwierigkeiten. Legt man Bruchstücke und Spaltungsstücke in eine Substanz absondernde Lösung, so überziehen sie sich schnell mit einer dünnen Schicht von neuer Substanz, die jetzt eine natürliche Oberfläche bildet. Es wird den Anhängern des Standpunktes, dass in der inneren Aufbaueinheitlichkeit das Hauptmerkmal des Krystalles zu suchen sei, schwer fallen, sich vorzustellen, dass plötzlich aus einem Spaltungsstück ein Krystall wird, wenn es einen Augenblick in eine überconcentrirte Lösung getaucht ist, wodurch die Oberfläche eine natürliche geworden ist, so dass nach J. W. Retgers' Definition ein Krystall vorliegt.

Die Grenze zwischen Krystall und Nichtkrystall zu ziehen wird J. W. Retgers um so schwerer fallen, da er sich sehr gegen die Nothwendigkeit der Homogenität erklärt, weil er meint, dass sie unmöglich sei (l. c. p. 188, Anm. 2). Hierin thut J. W. Retgers aus zwei Gründen unrecht. Absolute Vollkommenheit existirt in der Welt nirgends, alle Naturkörper sind mit, wenn auch noch so geringen, Abnormitäten versehen. Weiter ist auch der von J. W. Retgers in seine Definition aufgenommene Begriff ebenflächig nicht absolut zu nehmen, denn sehr viele Substanzen zeigen durchaus nicht sehr ebene Flächen. Ebenflächig und homogen sind beide nur in einer gewissen Einschränkung von allen wirklichen Krystallen zu verlangen. So dürfen die Abweichungen von der Homogenität uns nicht veranlassen, dieselbe aus der Krystalldefinition zu verbannen, sondern wir sollen darauf bedacht sein, Mittel und Wege zu finden, um die Unhomogenität der künstlichen Krystalle immer mehr einzuschränken, damit unsere Krystalle den idealen Anforderungen unserer Definition immer mehr und mehr nahekommen, wenn wir gleich im Voraus wissen, dass wir dieselbe nie ganz realisiren werden.

Das zweite Charakteristicum der Definition von J. W. Retgers wird durch „ebene Flächen" bezeichnet.

Nach den früheren eingehenden Untersuchungen von J. W. Retgers über die Krystallisation der Haloidsalze, hätte ich eine solche Betonung der Ebenflächigkeit gar nicht erwartet,

besonders da beim Salmiak ebensowohl ebene als krumme Begrenzungsflächen vorkommen, was sehr gegen die Aufnahme der Ebenflächigkeit in die Definition der Krystalle spricht. Die Planflächigkeit und das Vermögen zur Selbstfacettirung hängt nach J. W. Retgers' Untersuchungen mit der Constitution der Lösung zusammen, die er besonders durch Zusätze zu influenciren bestrebt ist, sind daher keine dem Krystalle für sich zukommende Eigenschaften.

Noch mehr gegen die Aufnahme der Ebenflächigkeit ist der Umstand, dass durchaus nicht alle Flächen eines Krystalles gleich eben sind; besonders bei organischen Substanzen finden sich oft nur an einzelnen Stellen der Krystalle ebenflächige Ecken oder Flächenpartien. Bei Zucker z. B., der doch ausgezeichnet ebenflächig krystallisiren kann, kommen in Nachproductsäften Krystalle vor, die an einem Pole ganz abgerundet sind. Die mikroskopischen Untersuchungen von O. Lehmann zeigen auch mehrfach das Zusammenvorkommen von krummen und ebenen Begrenzungsflächen an denselben Exemplaren.

In dritter Stelle enthält die Definition von J. W. Retgers die Bezeichnung: „mehr oder weniger frei ausgebildetes“.

Ich glaube, dass der Verf. selber zugeben wird, dass die Bezeichnung „mehr oder weniger“ den Werth einer Definition sehr stört. So kann diese Bezeichnung den Werth der Retgers'schen Definition leicht ganz in Frage stellen. Zerbrechen wir z. B. eine Druse von Krystallen, so ist die Ausdehnung der Contactflächen an den Einzelexemplaren sehr verschieden gross im Vergleich zu den freien entwickelten Flächen, ja es kann bei kleinen Exemplaren, die zwischen grossen Krystallen eingekeilt waren, leicht vorkommen, dass die Contactflächen die mehrfache Ausdehnung haben im Vergleich mit den frei entwickelten Flächen. Wo bleibt da die Grenze zwischen Krystall und Bruchstück.

In vierter Stelle nennt J. W. Retgers „festes“. Diese Definitionsbestimmung haben auch viele andere Autoren, aber nach der neuesten Publication von O. Lehmann[1] ist es sehr wahrscheinlich geworden, dass man die Begriffsbestimmung „fest“ aus der Definition der Krystalle fallen lassen muss,

[1] Zeitschr. f. phys. Chemie. 18. 91.

weil die von ihm geschilderten Gebilde zeigen, wie die Eigenschaften der Selbstfacettirung, der Doppelbrechung und der Beweglichkeit zäher Flüssigkeiten neben einander existiren können. So wird auch J. W. Retgers die betreffenden Lehmann'schen Untersuchungen, die er zu den „wichtigsten" rechnet, vielleicht für wichtig genug ansehen, um in der Abfassung seiner Definition berücksichtigt zu werden.

In letzter Stelle nennt J. W. Retgers „Individuum", und hierfür tritt er in seiner Argumentation besonders ein.

Die Auffassung der Krystalle als Individuen ist schon alt. Quenstedt charakterisirt sie, wie oben angegeben (p. 125), als solche, ja, mein verstorbener Lehrer Röper, früher Professor der Botanik in Rostock, lehrte sogar, wenn es unter den einzeln für sich[1] wahrnehmbaren Naturkörpern überhaupt Individuen gebe, so seien es die Krystalle.

Leider ist die Feststellung des Begriffes Individuum bei Krystallen selber durchaus noch nicht erledigt, ebenso wie der Individuumsbegriff bei Pflanzen und Thieren ein viel umstrittener ist. Während ein Theil der Krystallographen die nicht parallele Wiederholung von Krystallmolekelschichten, wie sie zur Erklärung der Drehung von ihnen angenommen wird, als individuellen Krystallaufbau ansehen, sind andere der Ansicht, dass solche Gebilde als Zwillingsbildungen aufzufassen seien.

Auch die Trennung der Individuen und Wachsthumsformen ist durchaus noch nicht streng durchführbar, und die Forderung von Retgers (l. c. p. 191):

„Man muss also gut parallele Anordnung von regelmässiger Krystallisation unterscheiden",

wird noch niemand in Stand setzen, dies zu thun. Ich selber bemühe mich seit Jahren, bei meinen Specialuntersuchungen über reguläre Substanzen und Natronsalpeter individuelle und wachsthumsartige Exemplare zu unterscheiden, aber eine scharfe Grenze ist zwischen beiden meist nicht innezuhalten.

Um den Begriff der Krystalle recht klar zu machen, führt Retgers als Beispiel von Nichtindividuen das Eis an. Er

---

[1] Im Gegensatz zu den einzeln nicht sichtbaren Atomen und Molecülen.

erklärt es als ein Aggregat parallel gestellter Krystallindividuen, so dass nach Groth eine mehrere Quadratkilometer grosse Eiskruste ein Krystall sein müsste (p. 190). Diese Ableitung stützt er auf eine Stelle in Knop's Anorganographie, die J. W. Retgers aber durchaus verkehrt versteht. Daselbst steht (p. 30 und 31):

„Auf dem Spiegel im Gefrieren begriffener stagnirender Gewässer erzeugen sich gewöhnlich hexagonale Wachsthumsformen von bedeutender Grösse. Meist sind es nur einzelne Arme parallel den Nebenaxen, von denen Fiedersysteme parallel den Nachbaraxen auslaufen.“

Mit dem Satze ist nur gesagt, dass auf den Stellen, wo der Seespiegel zu gefrieren anfängt, sich zuerst einfache Äste nach einer Nebenaxe bilden. An verschiedenen Stellen sind selbstverständlich die ersten Äste nicht parallel, und hätte J. W. Retgers weiter gelesen, statt wie bei der sogenannten Quenstedt'schen Definition sich mit einem aus dem Zusammenhang gerissenen Satze zu begnügen, so hätte er seinen Irrthum einsehen müssen. Die eben citirte Stelle fährt nämlich fort:

„Die Folge davon ist, dass, wenn der Wasserspiegel gänzlich zugefroren ist, alle Krystallindividuen mit ihren krystallographischen Hauptaxen parallel stehen.“

Hier redet Knop selbst von mehreren Individuen und nur von der Parallelität der Hauptaxen.

Als zweites Beispiel für parallel orientirte Aggregate führt er würfelige Spalten des aus der Schmelze erstarrten Chlornatrium an. Trotzdem die erstarrte Schmelze nach ihm „oft klar und würfelig spaltend“ ist, negirt er, dass es ein Individuum ist, weil „NaCl bekanntlich ziemlich kleine Krystallindividuen bildet (l. c. p. 192)“. „Bei Züchtung aus wässerigen Lösungen bekommt man sie nicht leicht über einige Millimeter.“ Diese Argumentation ist ganz unhaltbar, denn wenn man aus Lösung NaCl kleine Würfel abscheidet, kann es doch aus der Schmelze wie einzelne Metalle im Grossen sich abscheiden.

Es sei mir jetzt noch gestattet, über die Definition im Ganzen einige Worte zu sagen. Retgers stellt in seiner Arbeit die Forderung auf (l. c. p. 168), es müsste „das We-

sentlichste“ zur Definition berücksichtigt werden. Nach ihm müssen wir „primären“ Eigenschaften den Vorzug geben gegen „secundäre“, zu denen er die physikalischen Eigenschaften rechnet. Wenn Retgers dies thut, so muss er andere primäre Eigenschaften annehmen, aus denen diese secundären folgen. Aus keiner seiner Definitionstheile kann Retgers physikalische Eigenschaften der Krystalle ableiten, denn sie beziehen sich vor Allem auf die Oberfläche der Krystalle, und aus den nicht darauf bezüglichen Forderungen „fest“ und „Individuum“ lässt sich eine Ableitung der physikalischen Eigenschaften der Krystalle auch nicht geben.

Wenn man die physikalischen Eigenschaften nicht als primäre gelten lassen will, so kann man die Selbstfacettirung, die Retgers als das Wesentlichste ansieht, auch nicht für primär gelten lassen. Wäre sie dies, so müsste man als Pentagondodekaëder an den Krystallen das regelmässige Pentagondodekaëder der Stereometrie erwarten, was bei Krystallen ausgeschlossen ist. Dieses Factum und die Gesetze, welche die Selbstfacettirung befolgt, lassen sich nur aus dem regelmässigen Innenaufbau erklären.

Andererseits stellt J. W. Retgers dann wiederum die Behauptung auf, man müsse diejenige Eigenschaft für die Definition wählen, die „bei der ersten Beobachtung den stärksten Eindruck macht“ (l. c. p. 169). Diese verschiedenen Forderungen kann man nicht leicht erfüllen, denn das „Wesentlichste“ und das, was „bei der ersten Beobachtung den stärksten Eindruck macht“, sind oft recht verschiedene Sachen. Nicht durch erste Beobachtungen, sondern durch anhaltende Studien haben die Naturforscher in das Wesentlichste eindringen können.

Aus den bisher gegebenen Äusserungen folgt wohl, dass die Retgers'sche Auswahl der Definitionsmerkmale ebensowenig einwandfrei ist, wie die von ihm kriterisirten Definitionen, und halte ich sie noch durchaus nicht für eine der am meisten befriedigenden Lösungen der Definition des Krystallbegriffes. Ich glaube, dass man gut thut, in Bezug auf die Streitfragen über die Definition der Krystalle dem Beispiel Quenstedt's zu folgen, der über ähnliche Probleme hinweg ruhig an seine Studien ging und sich getröstete:

„Daher der unaufhörliche Streit und die widersprechenden Theorien, zum Glück ist aber davon die Kenntniss der Sache bis auf einen gewissen Grad unabhängig.“

Während die von Retgers (p. 192) gegebene Definition 5 Kriterien für den Begriff des Krystalles giebt, beruhigt er sich auffallenderweise vorher mit 3 (l. c. p. 170):

„Ich definire deshalb einen Krystall einfach als einen von natürlichen ebenen Flächen begrenzten festen Körper.“

Er fügt hinzu:

„Die in dieser Definition aufgenommenen Eigenschaften sind — glaube ich — nothwendig und ausreichend.“

Es ist wohl nicht recht einzusehen, warum Retgers nach dieser Erklärung sich so viele Mühe giebt, um die Bestimmungen

„mehr oder weniger frei ausgebildet“

und

„Individuen“

in die Definition hineinzuzwängen, besonders erscheinen mir aber die Argumente bedenklich, mit denen er für die Bedeutung der Aufnahme der Bestimmung „Individuum“ in die Krystalldefinition eintritt, und mit denen er die Analogie der Individuen der Thiere und Pflanzen mit Krystallen illustriren will. Da seine Argumentationen sich auf das Wachsthum der Krystalle beziehen, welches ich mit besonderer Vorliebe studire, so seien mir hier noch einige Bemerkungen erlaubt.

Erstens giebt er bei dieser Gelegenheit eine Wiederholung seiner früheren[1] Anschauung, dass die Krystalle eine mittlere Maximaldimension hätten, indem er parallelisirt:

gross:	klein:
Pferd	Maus
Eiche	Veilchen
Krystall von $NaClO_3$	Krystall von NaCl.

Zweitens führt er aus, wie die Wachsthumsgeschwindigkeit abnehme mit der Grösse und schliesslich eine Inactivität folge, in Folge deren der Krystall nicht mehr wachsen könne.

---

[1] Zeitschr. f. phys. Chem. 1892. 9. 279.

Beiden Anschauungen muss ich, besonders in der Ausdehnung und Allgemeinheit, wie Retgers es angiebt, entgegentreten, denn wären sie berechtigt, dann wären meine langen Bemühungen um die Entwickelung der Krystallzucht ein nutzloses Trachten nach einer Utopie.

Bei der Darlegung seiner Ansicht über die Existenz einer Maximalgrösse führt Retgers aus, wie die Krystallisation im Uhrglase, in Literbechergläsern, in Fabrikquantitäten, in der Erde immer günstigere Bedingungen biete. Die hier zu Grunde liegende Ansicht über die mit der Grösse der Lösungsmenge steigende Leichtigkeit, grosse Krystalle zu erhalten, ist weit verbreitet und alt, auf sie gründet sich auch die Ansicht vieler Mineralogen über die absolute Superiorität der sogenannten natürlichen Krystalle im Gegensatz zu den sogenannten künstlichen. Es ist dies aber gar nicht für alle Fälle zutreffend. So habe ich aus Zuckernachproductsäften mehrfach aus kleinen 100 ccm-Kolben in einer Nacht Krystalle von einer Grösse gezogen, wie ich später in der Fabrik aus Cubikmetern in einer Woche nicht herausbringen konnte. Die schlechten Resultate, welche die Versuche aus Tropfen und in Uhrgläsern geben, gründen sich besonders auf die verkehrte Behandlung derselben.

Es giebt theoretisch nur eine Grenze für das Wachsthum der Krystalle, das ist:

der Cubikinhalt der in Lösung befindlichen Substanz.

In einem Tropfen Natronsalpeterlösung lässt sich diese Grenze auf einige 90 % leicht erreichen, aber mit Litern habe ich bisher keine Erfolge, auch nur etwa bis 9 %, erhalten, aber eine Aufgabe der Krystallzüchter ist es, nach den Bedingungen zu forschen, unter denen die angegebene Grenze möglichst erreicht wird.

Wie wenig zutreffend die Ansichten Retgers' über die Maximalgrösse der Krystalle verschiedener Substanzen sind, zeigen uns einige seiner Beispiele.

Natriumchlorat soll als Maximalgrösse 1—2 cm zeigen[1]. Es heisst wörtlich:

---

[1] Zeitschr. f. phys. Chem. 1892. 9. 279.

„sobald sie (d. h. die Würfel von $NaClO_3$) die Grösse von ungefähr 1 cm erreicht haben, scheinen sie nicht mehr wachsen zu können, es bilden sich viel lieber neue Krystalle.“

Nun besitze ich aber zwei Krystalle, die ich in einer Schale zog, von denen einer nach mehrmonatlicher Wachsthumsdauer bis 10 cm Länge zeigt (der zweite bis 8 cm). Die Krystalle mussten nur deshalb aus der Lösung genommen werden, weil die Temperatur des Kellers nach Ablauf des Winters zu sehr stieg. Damit J. W. Retgers nicht glaubt, es handle sich um eine grosse unvollkommene Gruppe, wie man sie gelegentlich als grosse Krystalle ausgestellt sieht, füge ich noch hinzu, dass der grosse Krystall gestattet, durch 10 cm hindurch wie durch Wasser hindurch zu sehen. Der Vergleich der Retgers'schen Angaben und meiner Resultate aus rein wässerigen Lösungen wirft kein günstiges Licht auf die Theorie der Maximaldimensionen der Krystalle.

Ebenso steht es mit Salmiak[1]. Nach J. W. Retgers soll derselbe aus reiner Lösung bei Quantitäten von einigen Litern „immer nur kleine Körner bilden (unter 1 mm Durchmesser) oder mit Vorliebe farnkrautähnliche Skelete, deren Äste knopfartig verdickt sind“. Nun sind in der Literatur schon lange die berühmten sogenannten Nöllner'schen Salmiakkrystalle bekannt, die Centimeterdimensionen hatten, und habe ich selbst die Versuche mit etwa 2 Liter reiner Lösung wiederholt und bis über 1 cm gutglasige Exemplare erhalten.

Die eigenen Untersuchungen von J. W. Retgers sollten ihn schon veranlassen, seine Maximaldimensionstheorie aufzugeben. Seine Untersuchungen über die „Alkalihaloïdsalze“ (l. c. p. 292) zeigen ja mehrfach, wie durch Zusätze die Dimensionsverhältnisse verändert werden können. Hiernach ist die erreichbare Dimension, wenigstens bei vielen Substanzen, nicht eine charakteristische Eigenschaft der krystallisirbaren Substanzen, sondern durch die zufälligen Lösungsverhältnisse und andere Nebenumstände bedingt, und kann es nicht Aufgabe der Naturforschung sein, die Dimensionsmaxima zu studiren, sondern nach den Bedingungen zu forschen, unter denen die Substanzen

[1] Zeitschr. f. phys. Chem. 1892. 312.

die grössten Normalkrystalle zu bilden vermögen. Abgesehen von der Hinzufügung von anderen Substanzen wird man allerdings eine andere Untersuchungsdauer, als J. W. Retgers sie bei seinen Versuchen wählt, aufwenden müssen.

Eine Erscheinung, die J. W. Retgers in seiner Ansicht bestärkt, muss ich noch klarlegen. Er beruft sich darauf, dass beim Wachsen der Krystalle oft die grossen aufhören zu wachsen und lieber kleine entstehen. Derartige Vorgänge hat jeder Krystallzüchter Gelegenheit gehabt zu beobachten, und wenn ich nur an meine älteren Versuche denke, könnte J. W. Retgers gar nicht besser den ersten Eindruck wiedergeben, den das Ende solcher verunglückten Versuche hervorrief. Doch ist die Erklärung dieser Vorgänge ganz einfach.

Die Lösungen bei den meisten Versuchen, Krystalle zu ziehen, sind nicht durch die ganze Menge gleich concentrirt, besonders nicht bei schwankenden Temperaturen, sondern am Boden ist die Lösung ein wenig concentrirter. Je grösser der Krystall wird, in desto höhere Schichten ragt derselbe hinein. Treten nun Unterconcentrationen ein, so sind die oberen Partien der grossen Krystalle denen sehr ausgesetzt, und es lösen sich leicht dieselben unter Ätzung oder Abrundung. Die abgelösten Krystalltheile geben zur Bildung concentrirterer Lösungstheile Veranlassung, die zu Boden sinken, wo sich dann leicht Überconcentration und Neubildung von Krystallen einstellen. Sind erst kleine Krystalle vorhanden, so befinden sich diese in günstigerer Lage als die grossen, die nur theilweise in concentrirter Lösung sind. So zehren bei schwankender Temperatur die kleinen die grossen Krystalle auf, aber nicht, weil diese nicht mehr hätten wachsen können, sondern weil ihnen die Zufuhr von Substanz abging.

Für manche Substanzen liegen die Verhältnisse allerdings schwieriger, und sind bisher hierfür noch keine Mittel bekannt, die Krystalle in Stand zu setzen, aus grösserer Entfernung Substanz an sich zu ziehen, aber bei planmässiger Untersuchung der Krystallisationsbedingungen wird die Anzahl der Substanzen, die noch nicht in grossen Exemplaren erhaltbar waren, immer kleiner werden, in dem Maasse, als unsere Einsicht in das Wesen der Wachsthumsvorgänge der Krystalle grösser wird.

Das Inactivwerden der Krystalle habe ich bisher nie bei meinen Versuchen auf grosse Krystalle von Centimeterdimensionen, noch bei meinen Fabrikstudien (besonders an Blutlaugensalzen und Borax, sowie Zucker) beobachten können. Damit ist allerdings nicht gesagt, dass J. W. Retgers nicht Gelegenheit dazu gehabt hätte. Ich kann mir sogar sehr wohl vorstellen, wie es (allerdings bei meiner Arbeitsweise nicht) vorkommen kann, dass ein grosser Krystall inactiv wird. Die Krystalle verhalten sich gegen die Fremdkörper der Lösung verschieden, manche gehen leicht in sie hinein, andere schliessen sie aus und schieben sie vor sich her, wie die Gypskrystalle im Thon es thun. So können sich sehr wohl die Fremdkörper auf der Oberfläche so ansammeln, dass die Diffusionserscheinungen an der Oberfläche dadurch gehemmt werden. Beim Herausnehmen und Wiedereinsetzen sind Krystalle gleichfalls der Gefahr des Inactivwerdens ausgesetzt, indem dabei ihre Oberfläche so verändert wird, dass ein Weiterwachsen unmöglich ist. Wenn die Lösungen mit Zusätzen versehen sind, bilden sich sogar leicht störende Häutchen auf der Oberfläche, auch das Anfassen mit den Fingern können gute Krystalle nicht recht vertragen. Es wird dann nöthig, mit Äther und nachher mit wenig verdünnter Lösung den Krystall abzuspülen, aber derartige Vorkommnisse sind doch kein spontanes Inactivwerden, sondern ein zufälliges Inactivmachen durch äussere Umstände zu nennen.

Die Angabe von J. W. Retgers, dass grosse Krystalle unter gleichen Umständen langsamer wie kleine wachsen, ist entschieden falsch und zurückzuführen auf nicht richtig interpretirte Beobachtungen. Wächst ein grosser Krystall und ein kleiner neben einander bei einem Versuche bei nicht constanter Zimmertemperatur durch Verdunstung oder Abkühlung, so sind beide noch lange nicht unter denselben Bedingungen. Wie ich oben (p. 134) ausführte, sind die Lösungsschichten verschieden in der Concentration. Ein kleiner Krystall liegt also leicht ganz in wenig überconcentrirter Lösung, und seine Umgebung ist noch nicht ausgesogen von ihm, während der grosse mit seinen oberen Krystalltheilen in wenig unterconcentrirter Lösung liegt und auch die unteren benachbarten Lösungspartien am Boden schon substanzärmer gemacht

hat. Auf diese von Retgers nicht berücksichtigten Verschiedenheiten der Lage der grossen und kleinen Krystalle ist das scheinbare Inactivwerden der Oberfläche grösserer Krystalle zurückzuführen, wie ich oben zeigte, dass auch die scheinbaren Maximaldimensionen der Krystalle verschiedener Substanzen darauf zurückzuführen sind. Bei meinen Versuchen, bei denen Unterconcentration möglichst ausgeschlossen ist, habe ich stets gefunden, dass die grossen Krystalle pro Quadratcentimeter Oberfläche desto mehr Substanz in der Zeiteinheit ablagern, desto grösser sie sind. Wie bei vorsichtiger Züchtung sogar kleine Krystalle von grossen Nachbarn am Wachsen gehindert werden können, zeigen meine Untersuchungen über die Abhängigkeit der Wachsthumsgeschwindigkeit von der Homogenität der Krystalle[1]. Auch messend sind meine Resultate anderweitig bestätigt[2].

In statu nascendi liegen die Verhältnisse bei Lösungen anders. O. Lehmann hat ja durch seine Untersuchungen gezeigt, dass die Krystalle um sich einen Hof von minder concentrirter Lösung haben. Bildet sich also ein Krystall, so entsteht er in einer Flüssigkeitspartie, die stärker concentrirt ist als später seine unmittelbare Umgebung. Es muss erst durch den Krystall so viel Substanz an sich genommen werden, bis der Hof ausgebildet ist; erst wenn die Hofbildung vollendet ist, beginnt das langsame Wachsthum.

So haben wir im Wachsthum der Krystalle zwei Stadien zu unterscheiden. Bei sehr kleinen Dimensionen nimmt die Wachsthumsgeschwindigkeit schnell ab, bis die Hofbildung vollendet ist, dann steigt sie langsam mit der Grösse der Krystalle.

Dies gilt natürlich nur für Normalverhältnisse, in überconcentrirter Lösung können grosse Krystalle ja auch noch schnell wachsen.

---

[1] Zeitschr. f. Kryst. 1894, **22**. 475.

[2] Sitzungsberichte der math.-phys. Classe der k. Akad. in München (Sitzung vom 11. Juni 1892). Nach dem Versuche von Gill nahmen drei verschiedene Spaltungsstücke von Steinsalz 7,56 mg (grösstes), 5,51 mg (mittleres), 3,74 mg (kleinstes) pro Quadratcentimeter zu.

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: 1896

Band/Volume: 1896_2

Autor(en)/Author(s): Wulff L.

Artikel/Article: Bemerkungen zu der Arbeit von J. W. RETGERS: „Zur Definition des Begriffes ‚Krystall`" 123-136