

Original-Mitteilungen an die Redaktion.

Über die Symmetrie der Eiskristalle.

Von O. Mügge in Göttingen.

Im Neuen Jahrbuch f. Min. etc. 1895. II. 227 wurde darauf hingewiesen, daß den Kristallen des gewöhnlichen Eises höchstens rhomboedrische Symmetrie zukommt, und zwar auf Grund der von G. NORDENSKJÖLD¹ gegebenen Abbildungen von Schneestern, unter denen viele waren (Fig. 1, 13, 14, 15, 17, 18, 20—25, 36, 37), die mit Sicherheit auf eine nur drei-, nicht sechszählige Achse schließen ließen. Ich möchte zunächst hinzufügen, daß NORDENSKJÖLD selbst bemerkte (l. c. p. 64, 67), daß „die Hemiedrie“ in diesen Figuren „evident“ sei; er spricht sich indessen angesichts des Umstandes, daß die allermeisten Schneesterne hexagonal-holoedrisch erscheinen, nicht entschieden aus. Da F. RINNE² dem Eis nach Maßgabe von Laue-Röntgenogrammen wieder eine sechszählige Achse zuschreibt, möge außerdem auf einige andere Untersuchungen über die Form sowohl von Schnee- wie auch Eiskristallen hingewiesen werden, aus denen ebenfalls zweifellos das Vorhandensein einer nur dreizähligen Achse sich ergibt.

Schon SCORESBY (1820) gibt nach den Abbildungen bei HELLMANN³ trigonale Pyramiden an, ebenso GLAISHER (dasselbst); dann berichtet E. BELCHER⁴, daß er außer den von ihm abgebildeten sechsstrahligen Schneestern auch solche beobachtet habe, bei denen drei lange Strahlen mit drei kurzen abwechseln. In neuerer Zeit will PRENDEL⁵ sogar Rhomboeder (deren Kantwinkel er auch angibt) beobachtet haben, indessen konnte ich seine Angaben mangels Abbildung nicht nachprüfen. Dann hat BENTLEY⁶ lange

¹ G. NORDENSKJÖLD, Bull. soc. franç. de min. 16. 59. 1893.

² F. RINNE, Ber. Akad. Leipzig. 69. 57. 1917.

³ HELLMANN, Schneekristalle. Berlin 1893. p. 19 u. 21. HELLMANN'S eigene Figuren sind alle mit hexagonaler Symmetrie verträglich.

⁴ E. BELCHER, The last of the Arctic Voyages. London. 1855. II. 302.

⁵ PRENDEL, Ref. Zeitschr. f. Krist. 22. 76. 1894.

⁶ BENTLEY, Monthly Weather Review. 30. 607. Taf. 1—22. 1902.

Jahre Photographien von Schneesternern gesammelt, wohl wesentlich zu meteorologischen Zwecken, indem er hoffte und z. T. auch wohl glaubte, aus der Art ihrer Ausbildung auf die Art ihrer Entstehung schließen zu können („... if we may judge of the life history as written within its face“). Dieser Zweck scheint mir nun, vorläufig wenigstens, kaum erreichbar, trotz oder vielleicht gerade wegen der erstaunlichen Mannigfaltigkeit der Ausbildung der Schneekristalle, wohl aber kann man aus der außerordentlichen Regelmäßigkeit in der Verteilung der Luft- und Wassereinschlüsse, auf welcher die Mannigfaltigkeit wesentlich beruht, auf die große Homogenität des Mediums hinsichtlich Temperatur, Konzentration etc. wenigstens in der für den wachsenden Kristall in Betracht kommenden Umgebung schließen. Unter den ca. 230 von BENTLEY veröffentlichten Abbildungen sind mindestens 20, in denen die Dreizähligkeit der Achse mit derselben peinlichen Genauigkeit zum Ausdruck kommt, wie in den meisten andern die scheinbare Sechszähligkeit. Unter den ebenfalls von BENTLEY¹ veröffentlichten ca. 300 Abbildungen von „frost- and ice-crystals“ läßt dagegen nur eine die Dreizähligkeit der Achse mit Sicherheit erkennen.

Daß deutlich trigonale Entwicklung nicht häufiger erkennbar ist, könnte darin begründet sein, daß die Randflächen der Eistafelchen Formen zweiter Stellung sind (wie solches von manchen nach GOLDSCHMIDT's Methode erhaltenen, den Schneesternern zuweilen auch ähnelnden Korundskeletten gilt), indessen ist mir das angesichts des sonst ähnlichen Habitus der deutlich trigonalen und scheinbar hexagonalen Kristalle nicht gerade wahrscheinlich, zumal Übergänge zwischen beiden vorkommen, in der Art, daß der Kern deutlich dreizählig, die äußeren Teile ganz sechszählig erscheinen. Die scheinbare Sechszähligkeit kann aber sehr wohl auf Zwillingsbildung symmetrisch nach (10 $\bar{1}$ 0) beruhen, darauf weist vielleicht die Form eines Querschnitts bei G. NORDENSKJÖLD (l. c. Fig. 2) hin, und durch solche Zwillingsbildung könnte sich vielleicht auch das Ergebnis von RINNE erklären², denn RINNE hat sich nur von der optischen Homogenität der benutzten Platten überzeugt, die kristallographische wäre nur durch Erzeugung von Schmelzfiguren festzustellen, diese würden aber über etwaige Zwillingsbildung nach (0001) auch noch keinen Aufschluß gegeben haben, wenigstens sind die mir bekannt gewordenen ebenfalls mit sechszähliger Hauptachse verträglich³.

¹ l. c. 35. 348 ff. 1907.

² Eine Zustandsänderung des Eises I bei RINNE's Versuchen infolge Abkühlung durch die flüssige Luft ist nach dem bisher bekannt gewordenen Verhalten von Eis I bei gewöhnlichem Druck wenig wahrscheinlich, wenn die Temperatur oberhalb -120° geblieben ist.

³ Die bei TYNDALL (Das Wasser. Internat. naturw. Bibl. 1. 44. 1879) abgebildeten „Blumen“ sind nicht sehr deutlich, lassen aber laut Text

Daneben liegen nun einige Anzeichen vor, nach denen die dreizählige Achse polar ist, was also auf die Turmalin-Symmetrie hinweisen würde. Dahin gehören die von HELLMANN (l. c.) nach SCORESBY abgebildeten drei- und sechsseitigen einfachen (nicht Doppel-) Pyramiden, ebenso die von RINNE wieder abgebildete von A. E. NORDENSKJÖLD beobachtete Form und eine solche bei BENTLEY¹ abgebildete; ferner die von BRUN² beobachtete 7 mm große Pyramide, an deren jeder Basisecke noch wieder eine kleinere mit ihrer Spitze gewissermaßen angehängt war und von denen er besonders betont, daß sie nur wenig hohl waren, dann der von A. S. E. ACKERMANN³ mitgeteilte Durchschnitt durch eine Eistafel, die von GROSSMANN und LOMAS⁴ beobachteten hohlen hexagonalen Pyramiden, die mit ihrer Spitze auf dem Gestein einer isländischen Lavagrotte aufsaßen, und die von C. H. HERING⁵ aus einer Eisgrotte der Hohen Tauern abgebildete große Tafel. Ebenso deutet darauf eine Bemerkung von G. NORDENSKJÖLD (l. c. p. 60), wonach bei einem Schneekristall nur auf jeder zweiten Prismenfläche ein Bläschen beobachtet wurde (bei rhomboedrischer Holoedrie müßte es auf jeder Prismenfläche erscheinen, allerdings auf abwechselnden in verwendeter Lage), und seine Abbildung l. c. Fig. 3 u. 4. Dagegen möchte ich den vielfach vom Hagel beschriebenen sechs- und dreiseitigen Pyramiden keine Bedeutung beilegen, sondern sie für nur mehr oder weniger regelmäßige Sektoren aus konzentrisch-strahlig gebauten Kugeln halten.

Bei der Deutung von Kristallen auf Hemimorphie lediglich aus ihrem Habitus ist natürlich Vorsicht nötig, denn eine gleichmäßige Entwicklung kristallographisch gleichberechtigter Richtungen ist nur dann zu erwarten, wenn das Medium, in dem der Keim heranwächst, hinreichend homogen ist; wenn das nicht der Fall ist, wenn z. B. die Kristalle an der Grenze zweier Medien sich entwickeln, in denen die Nährlösung verschieden ist, können von der wahren inneren Symmetrie abweichende, und zwar in bestimmter

6 Blättchen erkennen; wenig deutlicher sind die von BENTLEY (l. c. 35. 443. Taf. 26 Fig. 231) gegebenen; erheblich besser aber die daselbst nach SNOW reproduzierten (Fig. 228, 229 A, 225 B auf Taf. 25). Ausgezeichnete Abbildungen solcher „Fleurs de la Glace“ sollen unter diesem Titel von H. SCHOENTJES, Gent, 1905, herausgegeben sein; sie waren mir nicht zugänglich. Die bei LEYDOLT (Wien. Ber. Math.-naturw. Kl. 1851. 7) abgebildeten Einschlüsse haben die Form hexagonal-holoedrischer Negativkristalle und eine am Erdboden angetaute Eistafel hatte Ätzgruben von der Form hexagonaler Pyramiden.

¹ l. c. 35. Taf. 25 Fig. 2.

² BRUN, Arch. sc. phys. nat. (3.) 25. 240. 1891.

³ ACKERMANN, Nature. 12. Dez. 1912. p. 411.

⁴ GROSSMANN und LOMAS, Nature. 50. 100. 1896.

⁵ HERING, Zeitschr. f. Krist. 14. 250. 1888.

Weise abweichende, Gestalten entstehen (man denke z. B. an die Steinsalztrichter von der Oberfläche von Siedpfannen). Nun weisen, wie schon oben bemerkt, die fast mathematische Korrektheit der „Verzierungen“ der Schneekristalle auf große Homogenität des umgebenden Mediums hin; wenn daher die oben erwähnten, nach Hemimorphie aussehenden Abbildungen sich alle auf Schneekristalle bezögen, würde ich geneigt sein, trotzdem sie im ganzen selten zu sein scheinen, auf Hemimorphie zu schließen. Jene Voraussetzung ist aber keineswegs erfüllt: ein Teil jener Figuren bezieht sich sicher nicht auf Schnee (d. h. frei schwebend in der Luft gebildete Kristalle), bei den andern ist es zweifelhaft¹. Ähnliches gilt von einer Beobachtung WESTMAN's², nach der an einer Tafel von Eis die eine Seite glatt, die andere rauh war, da nicht angegeben ist, daß beide unter gleichen Bedingungen gestanden haben. Neuerdings ist aber DOBROWOLSKI³ mit großer Entschiedenheit für die Polarität der Achse eingetreten. Nach ihm sind die nach der Achse stabförmigen Kriställchen zuweilen am einen Ende von einer ebenen Fläche (0001) begrenzt, am andern dagegen zugespitzt, zeigen auch an diesem Ende, und nur an diesem, einen Zerfall in ein Bündel dünnerer Stäbchen; sind sie aufgewachsen, dann immer mit diesem anscheinend rascher abschmelzenden Ende, wie es auch sonst bei hemimorphen Kristallen wohl beobachtet ist. Beiderseits von ebenen Flächen (0001) begrenzte Stäbchen könnten danach nach (0001) symmetrische Zwillinge sein, und in der Tat hat DOBROWOLSKI an solchen Stäbchen beobachtet, daß sie nahe der Mitte eine feine, einer Zwillingnaht ähnliche Linie // (0001) zeigten oder eine Verjüngung des Querschnitts in der Mitte, als wenn zwei Kristalle mit ihren spitzen Enden verwachsen wären. Derartige Kristalle sind zugleich, wie es ja auch sonst an Zwillingen oft bemerkt ist, erheblich größer als die einfachen Kristalle.

Diese Beobachtungen scheinen mir sehr bemerkenswert; ich habe versucht, sie durch Schmelzversuche an Täfelchen zu bestätigen, die aus Teicheis geschnitten waren; sie hatten parallel der Achse 2 cm, in zwei Richtungen // (0001) 4 und 0,5 cm Kantenlänge und wurden, um die beiden zur optischen Achse senkrechten Flächen einer möglichst gleichen und gleichmäßigen Temperatur auszusetzen, in ein Gefäß mit Petroleum gelegt und es wurde dann unter einem Mikroskop mit Schlittentisch die Geschwindigkeit gemessen, mit welcher sich der zur optischen Achse parallele Durchmesser des Stückes an der einen und der andern Basisfläche ver-

¹ Auf anomale Wachstumsstände weist auch wohl der Umstand, daß sie meist hohl sind.

² WESTMAN, *Miss. scient. p. 1. mäs. d'un arc de mérid. Sect. Snédoise. Météorologie.* Stockholm 1906. p. 7.

³ *Arkiv för Kemie etc.* 6. No. 7. p. 13. 1916. Stockholm.

kürzte ($t = 3-4^0$). Deutliche Unterschiede beider Seiten wurden nicht gefunden.

Dies Resultat spricht natürlich noch nicht gegen Hemimorphie, denn es wäre leicht möglich, daß die stengligen Individuen, aus denen sich das Teicheis aufbaute und die nach den beim Auftauen auf der natürlichen Oberfläche sichtbar gewordenen Individuengrenzen¹ nur $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$ cm Durchmesser hatten, nach (0001) symmetrische Zwillinge waren, wie sie DOBROWOLSKI beobachtete. Daran könnte es auch liegen, daß pyroelektrische Versuche, die vor Jahren angestellt wurden, ohne Erfolg waren (allerdings war das dabei benutzbare Temperaturintervall wenig mehr als 5^0).

Verhältnismäßig häufig finden sich in den oben zitierten Aufsätzen Kristalle abgebildet, die aus einer dünnen hexagonalen Säule mit an beiden oder an einem Ende der Achse in Parallelstellung angesetzten größeren, z. T. schneesternähnlichen Tafeln nach (0001) bestanden. Dies weist meines Erachtens auf Wachstum in zwei Perioden unter verschiedenen Bedingungen hin. Verwachsungen, welche auf Zwillingbildung mit geneigten Achsen deuten, habe ich unter den Abbildungen nur eine bemerkt (bei BENTLEY, l. c. 30. Fig. 562 $\frac{1}{2}$), beide nach (0001) taflige Kristalle haben eine Kante parallel; könnten also nach $(h\ 0\ \bar{h}l)$ verzwilligt sein. Es wird sich empfehlen, auf derartige Verwachsungen zu achten, sie würden, wenn sich ihre Gesetzmäßigkeit bestätigen sollte (sie sind naturgemäß selten photographiert), ein Mittel zur Bestimmung des Achsenverhältnisses geben. Im andern Falle werden wir bei der Seltenheit meßbarer Pyramidenflächen über Achsenverhältnis und Symmetrie wohl erst Genaues erfahren, wenn es gelingt, auch das Eis nach der Methode der BRAGG's oder von DEBYE zu bezwingen.

Zum Schluß möge gegenüber den neuerdings wieder gemachten Versuchen, die orientierte Stellung der Eiskristalle zur Wasseroberfläche durch die Richtung der Wärmeströmungen u. ä. zu erklären, auf einen Versuch von B. WEINBERG² hingewiesen werden, der die von mir (l. c. p. 226) gegebene Erklärung durchaus bestätigt. WEINBERG erhielt durch Unterkühlung von Wasser auf -3^0 und Impfen einzelne bis 12 cm große Eiskristalle, und zwar von der Form der Schneesterne, also taflig nach (0001). „Als ein Stern im Innern des Wassers zerbrach, stiegen die Stücke in horizontaler Lage bis an die Oberfläche des Wassers auf. Durch diesen Umstand erklärt sich die Vertikalität der optischen Achse beim See- und Fluß-Eis.“

¹ vergl. N. Jahrb. f. Min. etc. 1895. II. 226.

² B. WEINBERG, Phys. Zeitschr. 9. 645. 1908.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Centralblatt für Mineralogie, Geologie und Paläontologie](#)

Jahr/Year: 1918

Band/Volume: [1918](#)

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

Artikel/Article: [Über die Symmetrie der Eiskristalle. 137-141](#)