© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/;www.zobodat.at

Original-Mitteilungen an die Redaktion.

Kristalltracht und Aufwachsung des Eises.

Von **Georg Kalb** in Berlin.

Einen bemerkenswerten Zusammenhang zwischen der Tracht der Schneekristalle und der Lufttemperatur hat Fritz Heim[1] in der Antarktis beobachtet, der in folgender Zusammenstellung gut zum Ausdruck kommt:

Kristalltracht	Mittel-temperatur	Anzahl der Fälle
Prismen	— 27°	6
Vorwiegend Prismen, Plättchen .	— 23°	7
Prismen und Plättchen in gleicher Verteilung	— 18°	5
Prismen, vorwiegend Plättchen .	— 12°	1
Plättchen	— 12°	7

Ich möchte mit Heim vermuten, daß die Kristalltracht des Schnees in der Hauptsache von der Bildungstemperatur abhängt, d. h. daß bei Temperaturen nahe dem Gefrierpunkt die in der Basis liegenden Richtungen eine größere Wachstumsgeschwindigkeit gegenüber der Hauptachse besitzen, während bei tieferen Temperaturen sich das Verhältnis der Wachstumsgeschwindigkeiten gerade umkehrt.

Betrachten wir kurz, was in der Literatur über den Einfluß der Temperatur auf die Kristalltracht gesagt ist. Linck[2] schreibt: „Da aber die Wachstumsgeschwindigkeit oder deren Verhältnis in verschiedenen Richtungen mit schwankender Temperatur sich ändert derart, daß es z. B. von der Temperatur abhängt, ob ein fester Kristall in Nadeln oder in Plättchen kristallisiert, so können bei vorhandenem Temperaturgefälle (Schwanken der Temperatur) auch

[1] Fritz Heim, Diamantstaub und Schneekristalle in der Antarktis (Wedellsee). Meteorolog. Zeitschr. 1914. **31**. p. 232—235. — Größe der Kristalle 0,05—0,5 mm; Durchmesser der Plättchen 1—3 mm, der größten Sternformen bis 10 mm; Kristallnadeln 10—100mal länger als dick.

[2] G. Linck. Grundriß der Kristallogr. Jena 1908. 2. Aufl. p. 138, 139.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/;www.zobodat.at

solche kristallisierte Tropfen ihre Gestalt wesentlich ändern — aus scheinbaren Kugeln können wurmähnliche Gestalten werden und umgekehrt." Ein beobachtetes Beispiel für den Einfluß der Temperatur auf die Kristallgestalt gibt Linck nicht an. Viola[1] unterscheidet zwei Möglichkeiten des Einflusses der Temperatur auf die Kristallgestalt: I. „Das Maximum der Wachstumsgeschwindigkeit kann für verschiedene Richtungen eines Kristalls bei einer und derselben Temperatur eintreten." Dann behält der wachsende Kristall auch bei Temperaturänderungen seine ursprüngliche Gestalt bei. II. „Oder es kann das Maximum der Wachstumsgeschwindigkeit für verschiedene Richtungen eines Kristalls bei verschiedenen Temperaturen eintreten." Da Viola für Fall I scheinbar nur ein angenommenes Beispiel (Fig. 194 a) gibt, wollen wir gleich Fall II besprechen. Abgesehen von dem angenommenen Beispiel (Fig. 194 b) führt Viola „als schönes Beispiel" noch das Mohr'sche Salz an mit einer von G. Wulff gegebenen Zeichnung (Fig. 195), wobei er bemerkt: „Der kleine Kristall verändert sich nach und nach während des Wachstums. Beobachtet man eine solche Erscheinung, so ist es erlaubt auf obige Erklärung (II.) zurückzugreifen." Wenn ich Wulff richtig verstanden habe, soll der kleine Kristall das Mohr'sche Salz mit allen von Wulff beobachteten Flächen in gleichem Mittenabstand darstellen. Man kann also sagen, daß ein solcher künstlich hergestellter Kristall beim Weiterwachsen unter den von Wulff eingehaltenen Wachstumsbedingungen (also vor allem bei annähernd konstanter Temperatur) die größere von Wulff um den kleinen Kristall gezeichnete Kristallgestalt annehmen würde. Mit einem Wachstum bei anderer Temperatur oder unter Temperaturänderung hat die Zeichnung von Wulff überhaupt nichts zu tun.

Ich möchte die oben angeführten Beobachtungen von Heim über die Kristalltracht des Schnees als Beispiel für die Annahme von Linck, bezw. für den Fall II von Viola, ansehen.

Von einer theoretischen Betrachtung der Möglichkeit des Einflusses der Temperatur auf die Kristalltracht soll in diesem Zusammenhange bei der noch bestehenden Unsicherheit über die Grundlagen einer Theorie des Wachstums der Kristalle abgesehen werden. Die Theorie von Johnsen[2] kommt hier selbstverständlich nicht in Frage, da sie mit Absicht alle physikalisch-chemischen Vorgänge ausschaltet.

Nach dem Gesetze der Aufwachsung der Kristalle müßten die Eisplättchen vorwiegend mit dem Rande der Tafel, die nach der Hauptachse gestreckten Prismen mit einem Ende der Hauptachse aufwachsen.

---

[1] C. Viola, Grundzüge der Kristallographie. Leipzig 1904. p. 139, 140.

[2] A. Johnsen, Wachstum und Auflösung der Kristalle. Leipzig 1910.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/;www.zobodat.at

Über die Aufwachsung der Prismen liegen nur wenig Angaben vor. Folgende Beobachtungen von Philipp[1] aus Spitzbergen seien hier angeführt: „Auffallend häufig trifft man in Spitzbergen, im Gegensatz zu unsern Breiten, Eis in Prismenform, also Fasereis. Wir fanden es in zweierlei Form, als Niederschlag aus der Atmosphäre und in Gefrierform stehender Gewässer. Besonders auffällig war die Form des atmosphärischen Niederschlags auf einem gletscherartigen Firnstreifen, der sich mehrere hundert Meter weit in gewundenem Laufe in einer der schluchtartigen Durchfurchungen der alten roten Moräne am Fuße des Postgletschers hinzog. Hier bestand die oberste Decke in einer Mächtigkeit von 20 cm aus vertikal stehenden Eisprismen. Der Durchmesser einer einzelnen Prisme betrug etwa ½—1 cm, die Länge eines einzelnen Individuums bis 10 cm, so daß hier also mindestens zwei Lagen solchen Prismeneises übereinandergeschichtet waren. Der Zusammenhang der Prismen war nur lose, was einer nachträglichen Lockerung unter dem Einflusse der Sommertemperatur zuzuschreiben ist. In höheren Partien des Postgletschers fand sich diese ausgesprochen parallel prismatische Form des Niederschlags nicht mehr; dagegen zeigte sich oberhalb des Hampus-Nunatak in der Höhe von etwa 300—350 m die Oberfläche des Postgletschers bedeckt mit zierlichen Prismenrosetten, die in stumpfer Kegelform radialstrahlig um einen kompakteren Kern aufgebaut waren. Der Durchmesser der einzelnen Rosetten schwankte zwischen 5 und 20 cm. Beide Formen dürften als Rauhfrostbildungen angesprochen werden, denen eine wesentliche Rolle bei der Kondensation des Wasserdampfes in Spitzbergen zukommt.“ Beobachtungen über die Bildungstemperaturen der Eisprismen der Rosetten, die mit einem Ende der Hauptachse aufgewachsen waren, liegen leider nicht vor.

Zur Beobachtung der Aufwachsung der Eisplättchen eignen sich am besten die aus Wasser gebildeten Kristalle, deren Bildungstemperatur stets nahe dem Nullpunkt liegt. Ich will nur die ausgezeichneten Beobachtungen Drygalski's[2] aus Grönland hier erwähnen. Drygalski schreibt: „Der fundamentale Unterschied zwischen dem Charakter des Eises der Binnenseen und der Fjorde besteht nun darin, daß in den letzteren die Plättchen durch die ganze Dicke der Eisdecke mit der Flächenrichtung senkrecht zum Wasserspiegel gestellt sind, während sie bei den ersteren nur am Anfang der Bildung, also in den obersten Schichten des Eises, unter rechten oder verschiedenen anderen Winkeln gegen den

[1] H. Philipp, Geologische Beobachtungen in Spitzbergen in „Ergebnisse der W. Filchner'schen Vorexpedition nach Spitzbergen 1910“. Ergänzungsheft No. 179 zu Petermann's Mitteilungen. 1914.

[2] E. v. Drygalski, Grönlandexpedition d. Gesellsch. f. Erdk. z. Berlin 1891—93. 1. p. 423. Berlin 1897.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/;www.zobodat.at

Wasserspiegel geneigt sind und dann ausnahmslos parallel zu diesem zu liegen kommen. Dieser Unterschied beruht darauf, daß in den Binnenseen nach dem ersten Verschluß des Beckens die Anlagerung an die Unterfläche unter einem gegen diese gerichteten Druck stattfindet, während dies bei den Fjorden nicht der Fall ist, weil die Eisdecke nicht fest mit den Ufern verbunden ist, sondern auf dem Wasserspiegel schwimmt. Hier herrscht also an der Unterseite der Eisdecke kein Druck, welcher die Plättchen mit ihren Flächen an das Eis anlegt. Diese fügen sich mit ihren Kanten in die Zwischenräume der dort schon angegliederten Plättchen ein und stehen durchweg senkrecht zum Wasserspiegel, wie sie es auch an der Oberfläche tun." Der Einfluß des Wasserdruckes auf die Lagerung der Eisplättchen, wie ihn Drygalski annimmt, ist mir nicht verständlich[1]. Zudem ist es unbewiesen, ob die Eisdecke durch weitere Anlagerung von Eisplättchen von unten sich verdickt; mir scheint es wahrscheinlicher, daß die Eisplättchen der ersten Eisdecke einfach nach unten weiterwachsen; darauf deutet doch die Ausbildung dicker Eisdecken, die aus senkrecht zur Oberfläche stehenden Stengeln[2] bestehen, ganz gleichgültig, ob die Eisplättchen im obersten Teile der Eisdecke mit der Hauptachse senkrecht oder wagerecht zum Wasserspiegel standen.

Bei der Fjordeisbildung dürfte das Gesetz der Aufwachsung zum Ausdruck kommen, das verlangt, daß die Eisplättchen sich vorwiegend mit dem Rande an die Grenzfläche des Wassers anlagern. Beim Binneneis, dessen Tafeln im Verhältnis zur Dicke einen ganz bedeutenden Durchmesser[3] haben, tritt diese Gesetzmäßigkeit zurück, indem der Auftrieb die großen dünnen Tafeln zum größten Teil in die horizontale Lage zwingt[4]; bei bewegtem

[1] Vgl. auch O. Mügge, Über die Struktur des grönländischen Inlandeises und ihre Bedeutung für die Theorie der Gletscherbewegung. N. Jahrb. f. Min. etc. 1899. II. p. 127.

[2] Ob die Eisstengel durch die ganze Eisdecke durchgehen oder nur durch einen Teil, wie Drygalski hervorhebt, scheint mir nebensächlich.

[3] Nach Drygalski sind die Plättchen der Eisdecke des Fjordes etwas dicker als die Plättchen des Bach- und Seeeises, erreichen aber in den Flächendimensionen (1—2 cm) niemals die Größe, welche diese letzteren haben können.

[4] Insofern hat Mügge recht, wenn er schreibt: „Tafeliges Wachstum nach der Basis, wie es ja auch die Schneesterne zeigen, vorausgesetzt, erscheint die horizontale Lage der Basis des frei schwimmend sich bildenden Eises als einfache Folge des hydrostatischen Druckes" (O. Mügge, Über die Plastizität der Eiskristalle. N. Jahrb. f. Min. etc. 1895. II. p. 211). — In der Literatur (F. Klocke, N. Jahrb. f. Min. etc. 1879. p. 272 und 1880. I. p. 159. — Bertin, Ann. Chim. et Phys. [5] 13. 283. 1878) ist von einem Bertin'schen Gesetz die Rede, das besagen soll, daß Eis auf der Abkühlungsfläche stets senkrecht mit der Hauptachse aufgewachsen ist. Soweit dieses Gesetz richtig ist, deckt es sich mit dem allgemeinen

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/;www.zobodat.at

Wasser scheint sie aber auch hier deutlich zum Ausdruck zu kommen, wie aus folgendem Satze Drygalski's hervorgeht: „Die an der Oberfläche (der Bäche) angesammelten Tafeln legen sich aneinander, und zwar teils, indem sie ihre Flächen parallel zur

---

mechanischen Gesetz des Gleichgewichtes schwimmender Körper. Trouton (Arrangement of the Crystals of certain Substances on Solidification. Proc. R. Irish. Acad. 8 691—695. Dublin 1898; Ref. N. Jahrb. f. Min. etc. 1900. I. p. 438) glaubte sogar den Grund für das Bertin'sche Gesetz in den Unterschieden der Wärmeleitungsfähigkeit der Kristalle nach verschiedenen Richtungen gefunden zu haben, indem vorzugsweise diejenigen Kristalle weiterwachsen sollen, bei denen die Achse der maximalen Wärmeleitungsfähigkeit normal zur Erstarrungsoberfläche steht. Wenn wir berücksichtigen, daß das Wärmeleitungsverhältnis a : c bei Eis 21 : 22 (nach den Angaben Trouton's) beträgt, erübrigt sich jede weitere Erörterung. — Da auch O. Mügge (Über die Plastizität der Eiskristalle. N. Jahrb. f. Min. etc. 1895. II. p. 211) seine Ansicht verallgemeinert, müssen wir noch etwas näher darauf eingehen. Die Beobachtung Drygalski's über die vertikale Anlagerung der Eisplättchen an die Wasseroberfläche der Fjorde glaubt Mügge ebenfalls durch den hydrostatischen Druck erklären zu können, indem er annimmt, daß sich hier die Eisplättchen parallel mit ihren Basisflächen aneinanderlagern, so daß Plättchenbündel entstehen, die in der Richtung der Hauptachse einen größeren Durchmesser haben als senkrecht dazu. Daß jetzt die Hauptachse der Eiskristalle infolge des hydrostatischen Druckes parallel zur Wasseroberfläche zu liegen kommt, erscheint selbstverständlich. Wenn ich aber Drygalski richtig verstanden habe, liegen die Eisplättchen schon, ehe sie sich zu Bündeln zusammenlagern, mit der Basis senkrecht zur Wasseroberfläche des Fjordes. Auffallend erscheint dieses Verhalten der Eisplättchen um so mehr, wenn man bedenkt, daß der Auftrieb in dem Salzwasser der Fjorde doch größer ist als in dem Süßwasser der Bäche und Teiche. — F. Klocke (N. Jahrb. f. Min. etc. 1879. p. 272 und 1880. I. p. 159) hat beobachtet, daß sich auf dem Wasser auch lange dünne Nadeln bilden, die gerade auslöschen; er hielt sie für nach der Hauptachse gestreckte Kristalle. Mügge hat aber nachgewiesen, daß in der Längsrichtung dieser Nadeln α liegt, daß sie also senkrecht zur optischen Achse gestreckt sind; er glaubt, daß es Fortwüchse von am Rande des Wassers gebildeter Kristalle sind. Wie Mügge sich den Vorgang ihrer Entstehung denkt, hat er eingehend beschrieben. Ich vermag seiner Ansicht nicht zu folgen. In den langen Nadeln sehe ich nichts anderes als nach einer Richtung gestreckte Basisplättchen, die sich mit einer Längskante an die Wasseroberfläche anlagern. Drygalski hat diese Erscheinung sehr schön beschrieben: „Die Eisbildung der Bäche geht in der Weise vor sich, daß sich einzelne Eiskristalle, und zwar hexagonale Tafeln, welche vielfach die Gestalt eines Sägenblattes haben, häufig aber auch eine allseitige, nicht unerhebliche Flächenausbildung bis zu Handgröße und darüber besitzen, an der Oberfläche des Wassers ansammeln.“ „Die an der Oberfläche angesammelten Tafeln legen sich aneinander, und zwar teils, indem sie ihre Flächen parallel zur Oberfläche stellen, teils, indem sie mit der geraden Längskante des Sägenblattes der Oberfläche folgen und mit der Fläche unter beliebigen Winkeln von da

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/;www.zobodat.at

Oberfläche stellen, teils, indem sie mit der geraden Längskante des Sägenblatts der Oberfläche folgen und mit der Fläche unter beliebigen Winkeln von da in das Wasser hineinragen. Ersteres ist bei ruhigem, letzteres bei bewegtem Wasser vorwiegend" (a. a. O. p. 406).

Ich sehe also in der senkrechten Lage der Eisplättchen zur Wasseroberfläche die gesetzmäßige Aufwachsung der Eistafeln an der Grenzfläche Wasser—Luft.

Wir wollen das Ergebnis kurz zusammenfassen:

1. Die Tracht der Schneekristalle wird wohl durch die Temperatur derart beeinflußt, daß bei Temperaturen nahe dem Nullpunkt Eistafeln entstehen, während mit stärkerer Abnahme der Temperatur mehr eine prismatische Ausbildung zustande kommt.

2. Dem Gesetze der Aufwachsung der Kristalle entsprechend wachsen Eistafeln vorwiegend mit dem Rande der Tafel, Eisprismen mit einem Ende der Hauptachse auf.

---

in das Wasser hineinragen" (E. v. Drygalski, a. a. O. p. 405 u. 406). Obwohl die klaren Beschreibungen Drygalski's über das Anlagern der Eisplättchen an die Wasseroberfläche beim Fjordeis die Deutung Mügge's meiner Ansicht nach nicht zulassen, könnte doch noch ein Zweifel über die gesetzmäßige Aufwachsung von Eistafeln an Grenzflächen bestehen. Ich habe daher folgenden Versuch angestellt: Eine kleine dickwandige Flasche wurde mit Regenwasser gefüllt und verschlossen in den kalten Nächten des Oktobers 1920 ins Freie gestellt. Nach einer Nacht mit dem Temperaturminimum von 7° Kälte fand ich das Wasser in der Gestalt eines Hohlzylinders gefroren. Es fiel sofort auf, daß sämtliche langgestreckten Lufteinschlüsse radial gegen die Grenzfläche des Glases verliefen, d. h. senkrecht zur Oberfläche des Glases standen. Das deutete darauf hin, daß die Eiskristalle auch in dieser Richtung gestreckt waren. Nach Zerschlagen der Flasche wurde aus dem Eiszylinder mit einem erwärmten Messer senkrecht zur Achse des Zylinders ein Ring herausgeschnitten und unter das Mikroskop gelegt. Der Ring bestand aus radial gestellten Eiskristallen, die meist gerade auslöschten und sämtlich senkrecht zur Hauptachse gestreckt waren, da in der Längsrichtung a lag. Diese senkrecht zur Hauptachse gestreckten Kristalle waren also so aufgewachsen, daß die Basisfläche senkrecht zur Glasoberfläche stand, wie es das Gesetz der Aufwachsung der Kristalle verlangt.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Centralblatt für Mineralogie, Geologie und Paläontologie

Jahr/Year: 1921

Band/Volume: 1921

Autor(en)/Author(s): Kalb Georg

Artikel/Article: Kristalltracht und Aufwachsung des Eises. 129-134