©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Der Formenreichtum
der
Schneekristalle.

Von

J. M. Pernter.

Vortrag, gehalten den 24. Januar 1906.

(Mit Vorführung von Lichtbildern.)

Mit 6 Tafeln und 2 Abbildungen im Texte.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Es ist die Poesie des kristallisierten Eises, die Leben über die erstarrte Natur des Winters ausgießt. Wer hat sich nicht schon erfreut an den Nachbildungen der Blumen des Frühlings durch die Eisblumen? Wer hat nicht schon mit Entzücken die zarten und mannigfachen Formen der Schneeflocken bewundert, die ihm der Winter auf die Kleider streute? Alle diese Blumen, alle diese Flocken sind Gebilde der Eiskristalle, die in ihnen sich zu den mannigfaltigsten Gestalten zusammensetzen. Die einzelnen, häufig mikroskopisch kleinen Eiskristalle sind die Elemente, aus welchen die Schneeflocken sich aufbauen, sind die ersten Ansätze bei der Bildung der Eisblumen. Sie sind aber nicht nur durch die Gebilde, welchen sie zugrunde liegen, reich an Formen und Mannigfaltigkeiten, sondern sie selbst weisen einen außerordentlich großen Formenreichtum auf, der eine solche Menge von schönen Gestalten bietet, daß wir in dieser einen Vortragsstunde nur den geringsten Teil derselben zur Anschauung bringen können.

Um eine Übersicht über diesen Formenreichtum zu gewinnen und auch jene Gestalten, die wir heute nicht Zeit finden vorzuführen, sofort richtig deuten und einordnen zu lernen, müssen wir vorerst versuchen, Ordnung

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

in die große Menge verschiedener Formen zu bringen, d. h. eine Klassifikation der Eiskristalle zu geben.

Es ist bekannt, daß das Eis im hexagonalen System kristallisiert. Die nahezu einzige Kristallisationsform des Eises ist das hexagonale Prisma. Es mag eigentümlich berühren, daß wir bei dieser Beschränkung in der Kristallform von einem Formenreichtum der Eiskristalle reden mögen. Und doch sind wir dazu vollauf berechtigt, wie Sie sich sofort selbst überzeugen werden. Es ist richtig: das Eis kristallisiert eigentlich nur als sechsseitiges Prisma. Die Prismen sind aber von zweierlei Art, säulenförmige oder plattenförmige. Die säulenförmigen besitzen eine Hauptachse, die beträchtlich größer ist als die drei Nebenachsen (s. Fig. 1 a), bei den plättchenförmigen Prismen sind die Nebenachsen mehrmals größer als die Hauptachse (s. Fig. 1 b). Nun bilden die säulenförmigen Prismen in der Tat keine Vielartigkeiten; sie sind entweder reine Prismen (wir reden nur von den regelmäßigen Ausbildungen) oder Prismen mit Pyramidenaufsatz und dieser Pyramidenaufsatz ist entweder nur an einer Basisfläche des Prismas oder an beiden angebracht. So haben wir einfache säulenförmige Prismen oder schlechtweg Säulen, Prismen mit Pyramidenaufsatz auf nur einer Basisfläche oder flaschenförmige Kristalle, und Prismen mit Pyramidenaufsatz an beiden Basisflächen. Letztere kommen fast nur bei sehr dünnen und sehr langen Prismen vor und

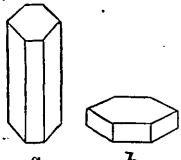


Fig. 1.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

zählen dann, wie die dünnen langen Prismen überhaupt, zu den nadelförmigen Kristallen. Die säulenförmigen Gebilde bieten uns, wie man sieht, nur wenige Formen, die wieder nur durch Unterschiede in der Größe variieren, aber keine Formveränderlichkeit besitzen.

Anders die plättchenförmigen Prismen. Bei diesen entwickelt sich der Kristall nach den drei Nebenachsen, während sich die säulenförmigen nach der Hauptachse entwickeln. Da nun bei der Ausgestaltung nach einer einzigen Richtung, nach der Hauptachse, naturgemäß die Mannigfaltigkeit der Entwicklung fast gänzlich unterbunden ist, bei der Entwicklung nach drei Achsen aber eine große Mannigfaltigkeit sozusagen die natürliche Folge ist, so können wir von vorneherein bei den plättchenförmigen Eisprismen einen großen Formenreichtum erwarten. Wenn wir die Grenzformen dieser Entwicklungen aufsuchen, so wird uns die Mannigfaltigkeit der Formen sofort verständlich. Diese zwei Grenzformen des Aufbaues der plättchenförmigen Kristalle sind der reine Stern (Fig. 2 a) und das volle einseitige Plättchen (Fig. 2 b). Der reine Stern entsteht durch Entwicklung der Kristallbildung in den Achsenrichtungen allein,[1]) das volle Plättchen durch Aufbau des Kristalles

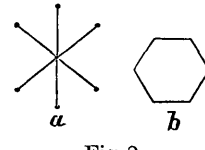


Fig. 2.

[1]) Es ist hier am Platze, darauf aufmerksam zu machen, daß so ein reiner Stern niemals aus drei unter den Winkeln von 60° sich kreuzenden Eisnadeln besteht und nie so entstehen kann. Es ist ganz gegen die Gesetze der Kristal-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

nach den Gesetzen der Kristallisation und unter steter Einhaltung des Kantenwinkels bei Ausfüllung des Zwischenraumes zwischen den Achsen. Wenn diese Ausfüllung nur teilweise erfolgt, so kann entweder in der Mitte das Plättchen voll ausgebildet werden und weiter hinaus nur mehr zum Teile (Plättchensterne), oder es wird auch in der Mitte kein volles Plättchen gebildet und es treten dann die reinen Sterne mit Verästelungen auf. Ferner können die vollen Plättchen ganz reine volle Plättchen sein, oder sie zeigen Einschnitte oder Ansätze, sowie denn auch bei den Sternen breite oder schmale Strahlen mit und ohne Verästelungen möglich sind. Man erkennt daraus leicht, daß auf diese Weise eine große Mannigfaltigkeit in der Entwicklung der Plättchenkristalle möglich ist, und ein Blick auf unsere Figurentafeln zeigt, daß dieser große Formenreichtum auch wirklich auftritt. Diese genaue Kenntnis der Formen der Eiskristalle hat uns erst die Mikrophotographie gebracht. [1]) Der Erste, dem es gelang, solche Mikrophotographien der Eiskristalle zu erhalten, war G. Nordenskjöld. Er hatte nach längeren Versuchen in früheren Jahren im Winter 1892/3 in Stockholm über 200 solche Photographien herstellen können und veröffentlichte noch im Frühling 1893 in

---

lisation, daß nach der Hauptachse sich entwickelnde Prismen in der Richtung der Nebenachsen Kristallformen bilden.

[1]) Wer sich für die Geschichte der Erforschung der Eiskristalle interessiert, der findet eine ausgezeichnete Zusammenfassung in der sehr zu empfehlenden Schrift Hellmann's „Schneekristalle"; Berlin 1893.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

einer vorläufigen Mitteilung [1]) 78 mikrophotographisch gewonnene Bilder von Schneekristallen. Er gab gleichzeitig kurze Erläuterungen seiner Beobachtungen und stellte eine neue Klassifikation der Schneekristalle auf, die im wesentlichen auch heute beibehalten werden kann. Ende desselben Jahres 1893 erschien die schon zitierte Schrift von Hellmann, in welcher er auf 8 Tafeln 15 ganz außerordentlich schön und tadellos getreu in Heliogravüre reproduzierte, ebenfalls im Winter 1892/3 von Herrn Dr. med. R. Neuhaus in Berlin aufgenommene Mikrophotographien von Schneekristallen veröffentlichte und bei dieser Gelegenheit sowohl eine sehr interessante historische Übersicht der Forschungen über die Schneekristalle, als auch eine Klassifikation der Eiskristalle gab, die im wesentlichen mit der von G. Nordenskjöld übereinstimmt.

In jüngster und allerjüngster Zeit wurden unsere Kenntnisse über die Schneekristalle noch durch zwei Arbeiten bereichert, die eine von W. A. Bentley, die andere von A. Dobrowolski. Bentley [2]) veröffentlichte schon 1901 aus seinen zwanzigjährigen Studien über Schneekristalle 17 Mikrophotographien, die aus den

[1]) Praliminärt meddelande rörande en undersökning af snökristaller. — Aftryk ur Geol. Fören. i Stockholm. Förhandl., Bd. 15, Häft 3, 1893. Dasselbe französisch: Communication préliminaire sur une étude des cristaux de neige. Bull. de la soc. franç. de minéralogie, t. 16, p. 59. Siehe auch „Nature“ 1893.

[2]) Twenty years' study of snow crystals. Monthly Weather Review. Washington 1901, May, p. 212.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Jahren 1895—1901 stammten. Im Jahre 1903 erschien[1]) von ihm eine reichlichere Sammlung von Mikrophotographien der Schneekristalle, die weitaus reichste, die wir besitzen; es sind nicht weniger als 253 und sie sind nur eine Auswahl aus beiläufig tausend solcher Photographien.

Die Arbeit von Dobrowolski[2]) gibt zwar keine Mikrophotographien, sie ist aber aus zwei Gesichtspunkten ganz besonders wertvoll und hoch einzuschätzen: 1. weil sie eine systematische Studie — wenn auch nur mit dem Mikroskope ohne Photographie — eines Mannes ist, der mit der unvoreingenommensten Exaktheit abbildete und beschrieb, was er beobachtete; 2. weil er seine Untersuchungen während des Polarwinters 1898/99 in den höchsten südlichen Breiten ausführte, den er als Mitglied der belgischen antarktischen Expedition dort verbrachte.

Schließlich liegen mir noch Mikrophotographien von Schneekristallen vor, die auf meine Veranlassung O. Szlavik im Winter und Frühling 1903/04 auf dem Sonnblick aufnahm.

Auf Grund dieser außerordentlich weit vorgeschrittenen und umfangreichen Arbeiten können wir nun zur

---

[1]) Studies among the snow crystals during the winter of 1901/2, with additional data collected during the previous winters. Monthly Weather Review. Washington 1903. Summary 1902, p. 607.

[2]) Résultats du voyage du S. Y. „Belgica“: an 1897—1898—1899. Météorologie. La neige et le givre par A. Dobrowolski. Anvers 1903.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Klassifikation der Schneekristalle uns wenden. Die Schneekristalle sind Kristalle des hexagonalen Systems, und zwar in erster Linie gekennzeichnet durch das regelmäßige hexagonale Prisma; es ist dies eben die Kristallform des Eises überhaupt. Allein im einzelnen weisen trotzdem die Schneekristalle eine fast unbegrenzte Mannigfaltigkeit auf und es haben deshalb die systematischen Beobachter der Schneekristalle alle das Bedürfnis empfunden, durch eine Klassifikation Ordnung in die scheinbar unentwirrbare Menge der Formen derselben zu bringen. Im wesentlichen haben — wie wohl nicht anders möglich — alle die Einteilung nach den hauptsächlich auffallenden Unterschieden der Formen der Kristalle getroffen, doch hat immerhin die von G. Nordenskjöld zuerst aufgestellte Klassifikation mehrere freilich unwesentliche Unterschiede gegenüber der Hellmanns, welche eine größere Verbreitung gefunden hat und auf welche wiederum Bentley und Dobrowolski sich stützen.

Auf Grund der vorausgehenden Bemerkungen, gestützt auf die Klassifikation der Schneekristalle von G. Nordenskjöld und unter Zuhilfenahme derjenigen von Hellmann und von Dobrowolski, sowie nach eingehendem Studium aller veröffentlichten Mikrophotographien der Schneekristalle und der mir vorliegenden von O. Szlavik, scheint mir die folgende Klassifikation der Schneekristalle, besonders für die Erklärung der Haloerscheinungen, die angezeigteste. An die Klassifikation anschließend mögen Abbildungen der mikrophotographisch erhaltenen Formen der Einzelkristalle

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

folgen. Ich mache aufmerksam, daß auf den folgenden Tafeln für jede einzelne benannte Form Beispiele von mikrophotographierten Schneekristallen gegeben sind. Fig. 6 gibt Photographien von O. Szlavik vom Sonnblick, und zwar zwei Formen der I. Hauptgruppe. Fig. 28 ist eine Sammelfigur verschiedener Unterabteilungen der reinen Sterne. Die übrigen Figuren sind alle eindeutige Darstellungen bestimmter Untergruppen; sie sind der betreffenden Untergruppe in Klammern beigeschrieben.

Klassifikation der Schneekristalle.

I. Nach der Hauptachse vorwiegend entwickelte Kristalle.

1. Einfache säulenförmige Prismen (Fig. 3 und 6),
2. flaschenförmige Kristalle (Fig. 4 und 6),
3. nadelartige Formen (Fig. 5).

II. Nach den Nebenachsen vorwiegend entwickelte Kristalle.

A. Plättchen.

a) Einfache, volle Plättchen (Fig. 7, 8, 9),
b) Plättchen mit Einkerbungen (Fig. 10, 11),
c) Plättchen mit Ansätzen (Fig. 12, 13, 14),
d) Übergangsformen zu den Plättchensternen (Fig. 15, 16).

B. Sterne.

1. Plättchensterne (Sterne mit Plättchenkern).
a) Mit breiten Strahlen (Fig. 17),

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

b) mit breiten verästelten Strahlen (Fig. 18, 19),
c) mit schmalen Strahlen (Fig. 20),
d) mit schmalen verästelten Strahlen (Fig. 21).

2. Reine Sterne (ohne Plättchenkern).

a) Mit breiten Strahlen (Fig. 22 und 28),
b) mit breiten verästelten Strahlen (Fig. 23),
c) mit schmalen Strahlen (Fig. 24 und 28),
d) mit schmalen verästelten Strahlen (Dendriten) (Fig. 25, 26, 27 und 28).

III. Kombinationen von säulenförmigen Prismen und Plättchen (Fig. 29).[1])

Man übersehe nicht, daß die einzelnen Kristalle durchaus nicht jene vollendete geometrische Regelmäßigkeit ausweisen, welche man immer geneigt ist, allen Kristallen zuzuerkennen.

Die Unregelmäßigkeiten in den Kristallbildungen sind sehr häufig, ja genau zugesehen findet man nur äußerst selten einen Kristall, der wirklich ganz regelmäßig ist. Diese Unregelmäßigkeiten sind verschiedener Art; es sind sehr häufig die Sechsecke nicht ganz regelmäßige Sechsecke. Größere Unregelmäßigkeiten aber, daß z. B. die Sechsecke bald fast auf Dreiecke reduziert,

---

[1]) Hier wurden die in obigen Figuren abgebildeten Formen mittels eines Projektionsapparates zur Anschauung gebracht.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

bald nach einer Seite lang gezogen usw. sind, kommen nur vereinzelt vor.

So viel aus den Mikrophotographien zu erkennen ist, kommen obige Unregelmäßigkeiten nur bei der zweiten Gruppe, und zwar hauptsächlich bei den Plättchen und Plättchensternen, vor, während die erste Gruppe, die säulenförmigen Prismen und die flaschenförmigen Kristalle, diese Abweichungen von der Normalform in den Photographien nicht zeigen. Die letzteren besitzen dafür mancherlei Unregelmäßigkeiten in bezug auf die abschließenden Basisflächen und die daran aufsitzenden Pyramidenstumpfflächen. Die säulenförmigen Prismen sind häufig wie abgebrochen und die Flächen der Pyramiden ungleich entwickelt und zum Teile wie weggerissen.

Am allerhäufigsten kommt es vor, daß die Krystalle nicht nach allen drei Nebenachsen regelmäßig gleich ausgebildet sind. Dies fällt jedoch nur bei den Plättchen mit Ansatz, den Plättchensternen und den reinen Sternen deutlich auf. In unseren Figuren finden sich dafür zahlreiche Beispiele, und wenn man genau zusieht, wird man ganz wenige herausfinden, an welchen nicht wenigstens irgend eine kleine Unregelmäßigkeit festgestellt werden könnte.

Eine weitere Unregelmäßigkeit bildet die mit der letzteren eben dargelegten nächst verwandte Eigenschaft der ungleichmäßigen Verteilung der Eismasse im Kristalle, wodurch sein Schwerpunkt aus der Hauptachse verschoben wird. Es kommen da sowohl Verdickungen an bestimmten Stellen bei sonst gleichmäßiger Verteilung

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

der Masse und Entwicklung des Kristalles vor, wie einseitiger Schwund der Masse; es fehlen einzelne oder mehrere Ansätze oder Strahlen, oder man findet verkümmerte, einseitige Gebilde der letzteren usw.

Andere Unregelmäßigkeiten, wie z. B. die so häufig vorkommenden kleineren und größeren Hohlräume im Kristalle, die zuweilen selbst ganz regelmäßig verteilt sind, haben kleinere Bedeutung.

Eine äußerst bemerkenswerte und für die Erklärung gewisser Haloerscheinungen wichtige Eigenschaft vieler Plättchen und Ansätze ist die Streifung. Sie kommt nicht nur vereinzelt, sondern ziemlich häufig vor, sowohl auf den Plättchen selbst als auf den Ansätzen, beziehungsweise breiten Strahlen. Diese Streifen sind die die Phasen des Wachstums des Kristalles markierenden Linien; sie laufen stets parallel. Diese Streifen kann man nicht zu den Unregelmäßigkeiten und auch nicht zu den Seltenheiten zählen, sie sind wohl allen Plättchenformen gemeinsam, da sie die Marken des Wachstums der Kristalle bilden. Sie treten freilich mit sehr verschiedener Deutlichkeit hervor.

Hieran mögen sich nur noch einige kurze Angaben über die Häufigkeit und Größe der verschiedenen Formen der Schneekristalle schließen.

Was die Häufigkeit der verschiedenen Kristallformen betrifft, so ist die Anzahl der durchgeführten Zählungen noch viel zu klein, als daß sie zu allgemein richtigen Resultaten hätten führen können. Zählungen

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

von Hellmann[1]) ergaben für die nach den Nebenachsen entwickelten Kristalle 39 % der Fälle strahlige Sterne, 20 % Sterne mit verbreiterten Strahlen, 41 % Plättchen. Bentley[2]) untersuchte 66 Schneefälle und fand dabei 37 mal säulenförmige Prismen, 14 mal Nadeln, 57 mal Plättchen und 64 mal Sterne. Dobrowolski[3]) fand unter 708 Fällen 454 mal plättchenförmige und 419 mal säulenförmige Kristalle. Aus anderen Zählungen läßt sich entnehmen, daß bei sehr tiefen Temperaturen die Plättchen immer mehr gegen die säulenförmigen Prismen überwiegen.

Die Größe der Schneekristalle aller Art ist deutlich von der Temperatur abhängig; sie sind umso kleiner, je niedriger die Temperatur ist. Es wurden säulenförmige Prismen mit Längen von 2 *mm* gemessen, während die kleinste gemessene Größe derselben etwa 0·18 *mm* betrug. Dobrowolski maß von einem Sterne einen Durchmesser von 0·5 *mm* und Westmann[4]) einen solchen von 0·12 *mm*. Der Durchmesser der Plättchen schwankte bei den Messungen zwischen 1·7 *mm* und 0·04 *mm*.

---

[1]) Schneekristalle. Berlin 1893. S. 36.

[2]) Monthly Weather Review. Summary 1902. Washington.

[3]) Resultats du voyage du S. Y. Belgica. Météorologie. La neige et le givre. Anvers 1903.

[4]) Forme et grandeur des cristaux de neige. Par J. Westmann. In „Mesure d'un arc de Méridien au Spitzberg." Mission Suédoise. Tome II, VIIIème Section. Stockholm 1906.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Es unterliegt keinem Zweifel, daß nach der unteren Grenze zu es gewiß noch viel kleinere Kristalle des Eises gibt; wenn bei sehr niedrigen Temperaturen „trockener“ Eisdunst, „Diamantstaub“ genannt, auftritt, mag es darunter sogar ultramikroskopische Eiskristalle geben.

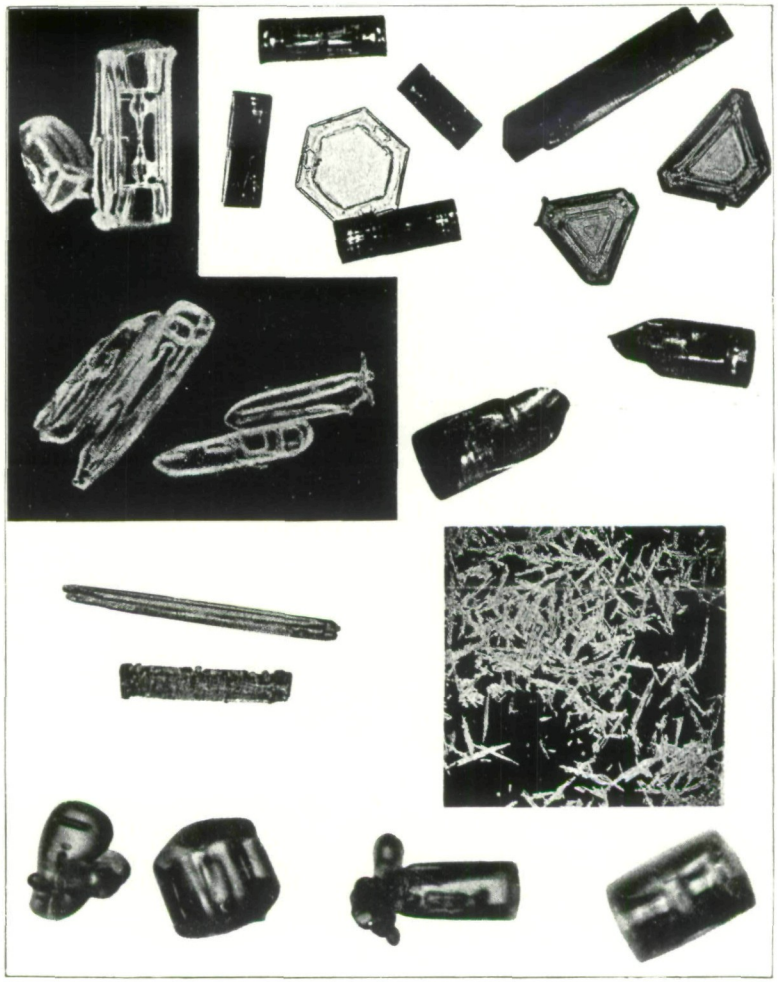
©Veröffentlichung der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften, Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Fig. 3.

Fig. 4.

Fig. 5.

Fig. 6.



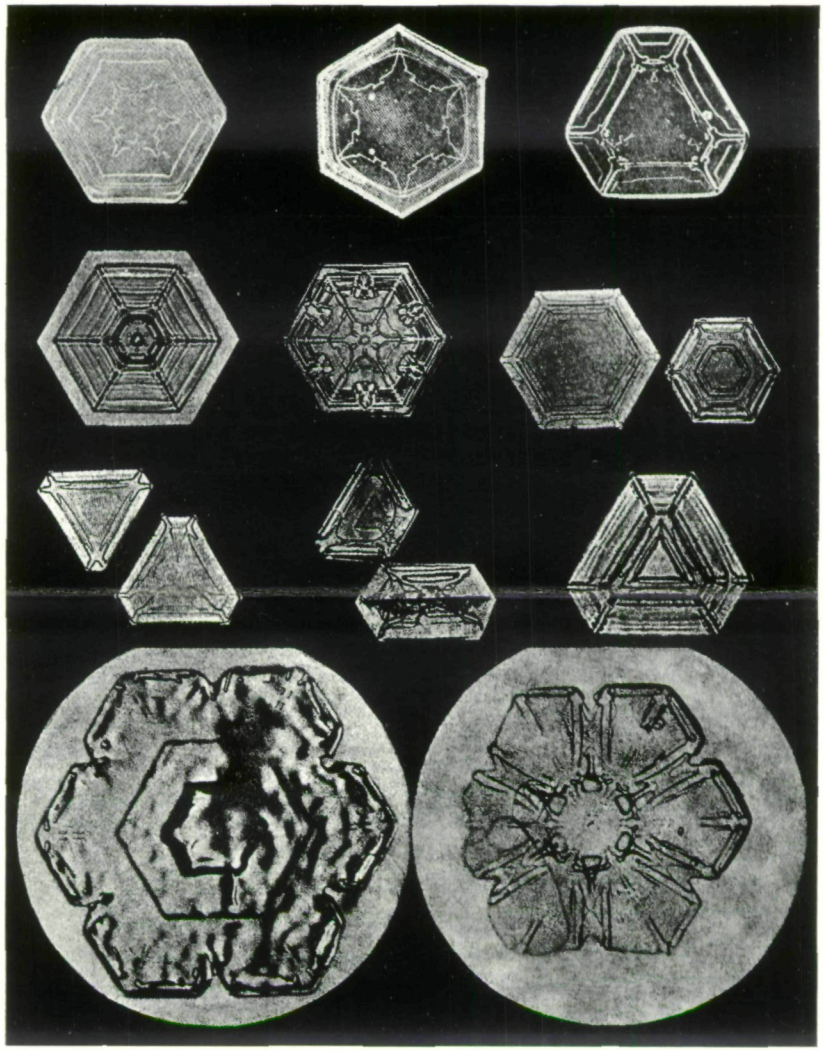
©Verzeichnis der Kerbformen - download unter www.biologiezentrum.at

Fig. 7.

Fig. 8.

Fig. 9.

Fig. 10.



©Ver. zur Verb. naturwissenschaftlicher Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

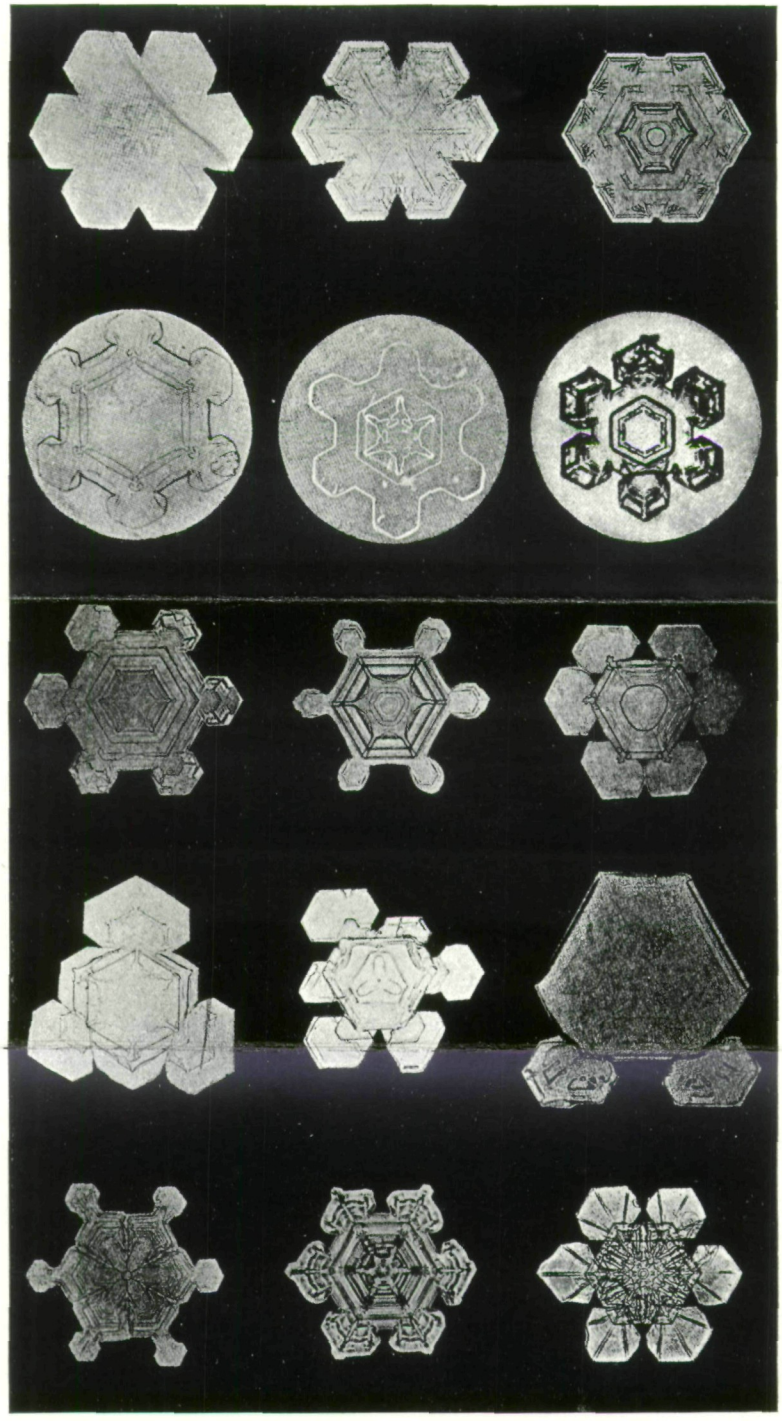
Fig. 11.

Fig. 12.

Fig. 13.

Fig. 14.

Fig. 15.



©Ver. zur Verbr. naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

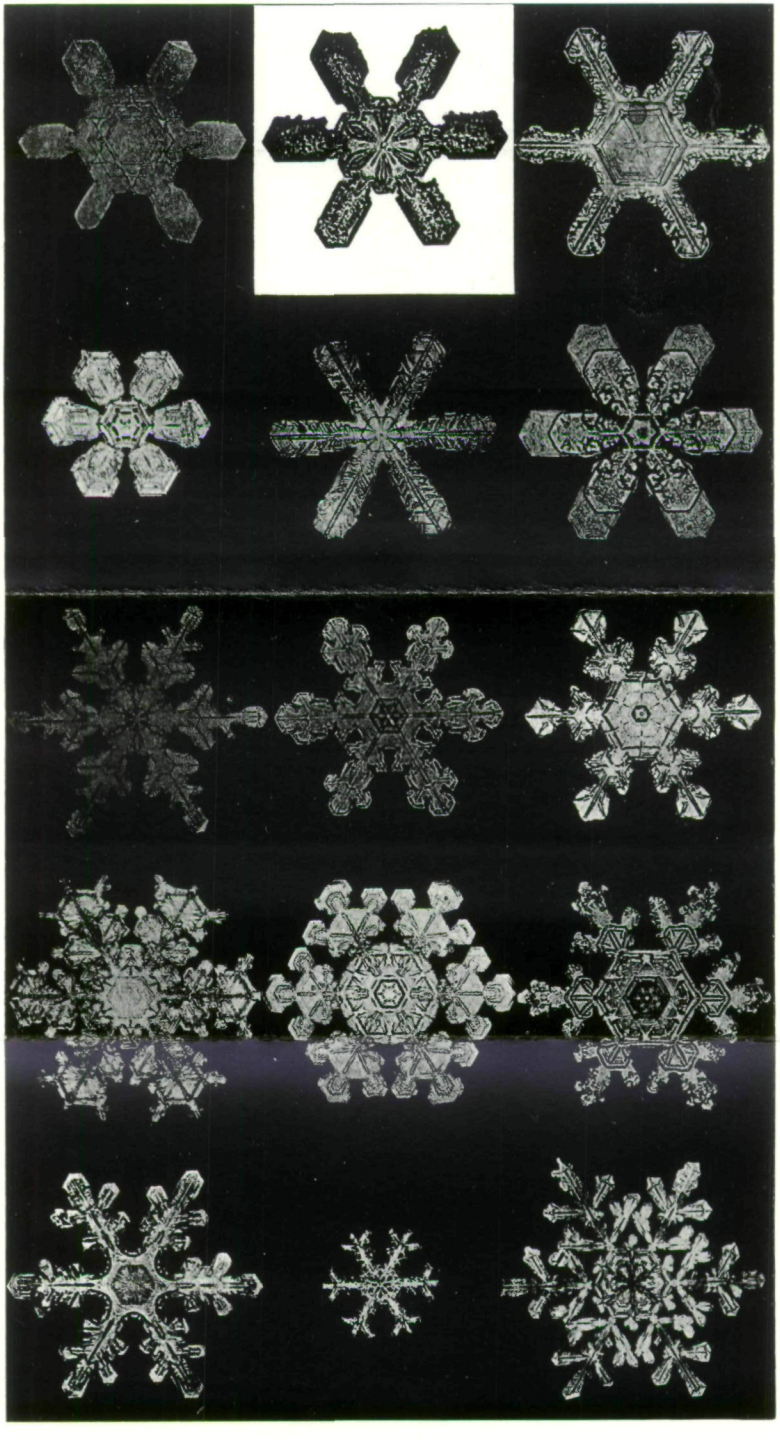
Fig. 16.

Fig. 17.

Fig. 18.

Fig. 19.

Fig. 20.



©Ver. zur Förderung wissenschaftlicher Publikationen des Deutschen Wetterdienstes, Offenbach a. M.

Fig. 21.

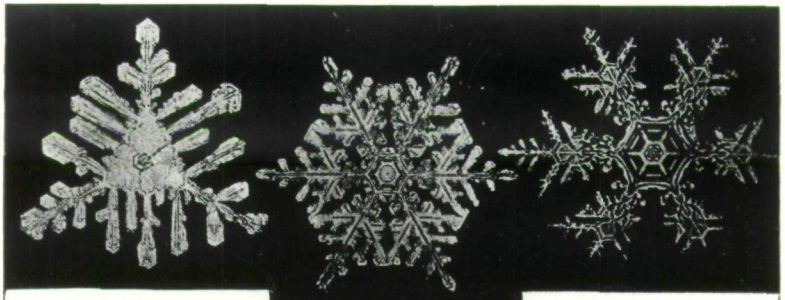


Fig. 22.

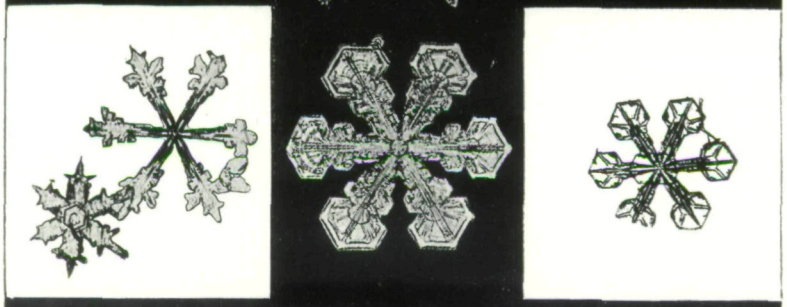
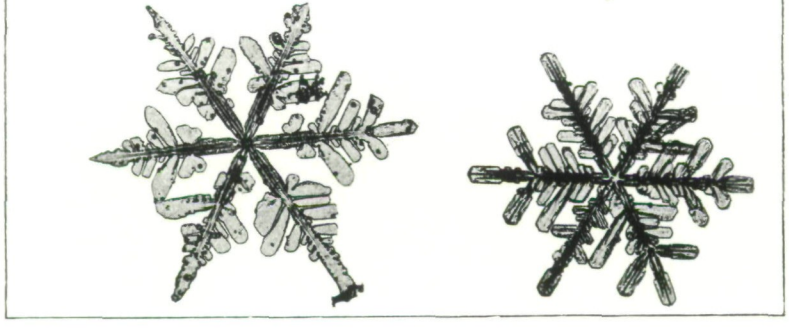


Fig. 23.

Fig. 24.

Fig. 25.



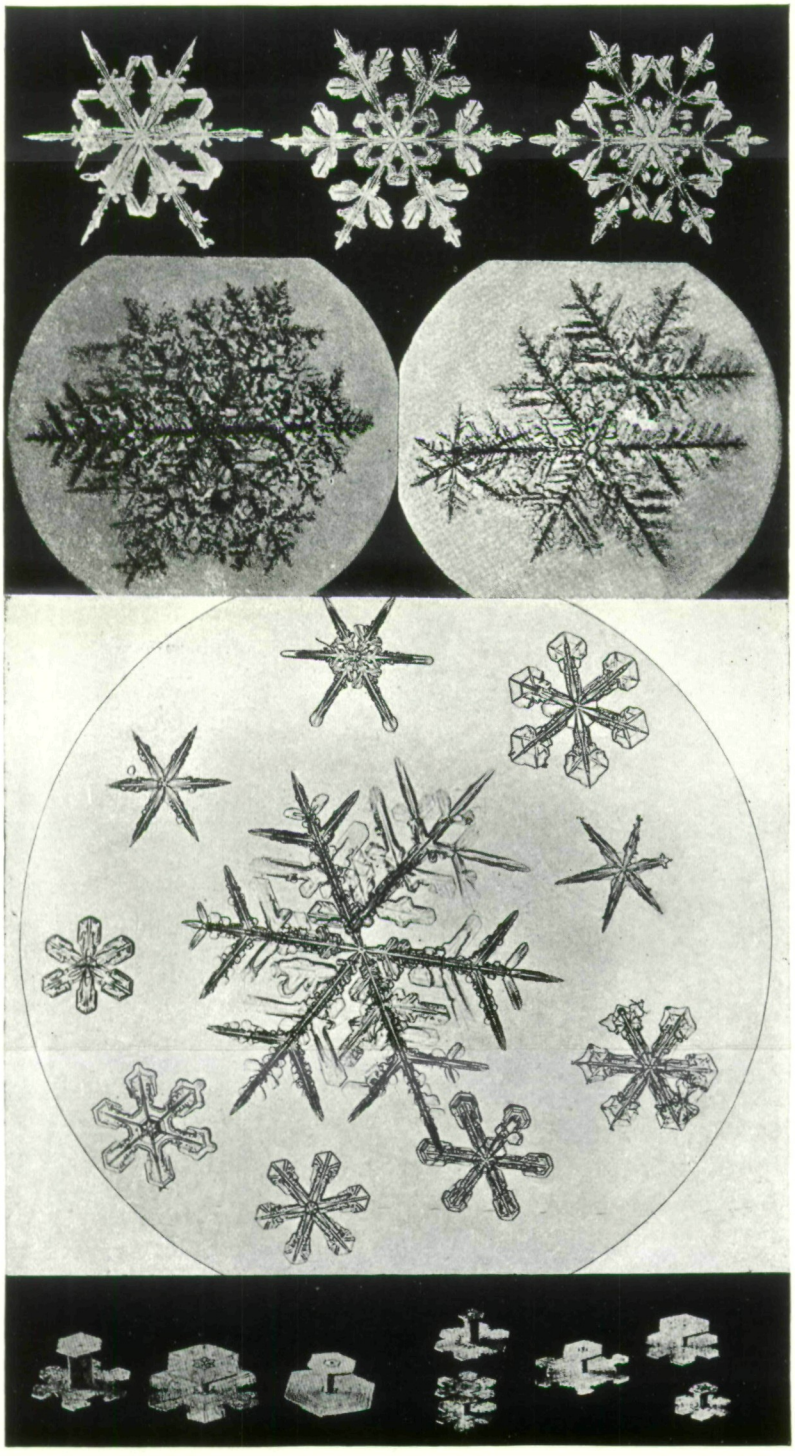
©Verein zur Verbr. naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Fig. 26.

Fig. 27.

Fig. 28.

Fig. 29.



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien

Jahr/Year: 1906

Band/Volume: 46

Autor(en)/Author(s): Pernter Josef Maria

Artikel/Article: Der Formenreichtum der Schneekristalle. (4 Falttafeln unpaginiert.) 485-499