

MIKROSKOPIE³⁰ DES³⁰ SCHNEES

Mit 5 Abbildungen

Von EWALD SCHILD

(Laboratorium für wissenschaftliche Mikroskopie, Wien)

Neben den Eisblumen haben die Schneesternchen infolge ihrer Schönheit und ihres Formenreichtums seit jeher die Aufmerksamkeit der Menschen in Anspruch genommen. Die Schneekristalle sind bei sehr vorsichtiger Annäherung und Beobachtung wohl schon mit unbewaffnetem Auge erkennbar, aber erst die mikroskopische Betrachtung gewährt klarere Erkenntnisse und Einblicke in den feineren Bau dieser so vergänglichen Gebilde.

Die Untersuchung der Schneekristalle liegt an der Grenze zwischen Meteorologie und Kristallographie. Was einmal den Kristallographen an einem Körper interessiert, ist die Frage nach der Kristallform. Es ist bekannt, daß das Eis im hexagonalen System kristallisiert, und seine einzige Kristallform ist das hexagonale Prisma. Der Formenreichtum der Eiskristalle wäre aber nicht denkbar, wenn nicht die sechsseitigen Prismen in zweierlei Arten, nämlich säulenförmig und tafelförmig, in Erscheinung treten würden.

Während die Hauptachse der säulenförmigen Prismen beträchtlich größer ist als die drei Nebenachsen, sind umgekehrt bei den plättchenförmigen Prismen die Nebenachsen in der Regel um ein Vielfaches größer als die Hauptachse. Die säulenförmigen Prismen, die eigentlich nur hinsichtlich ihrer Größe variieren, treten in nur wenigen Formen auf: entweder als einfache Säulen, als Prismen mit Pyramidenaufsatz auf nur einer Basisfläche (flaschenförmige Kristalle) oder endlich als sehr dünne Prismen mit Pyramidenaufsatz an beiden Basisflächen. Die letztgenannte Form zählt dann, wie die langen und dünnen Prismen überhaupt, schon zu den nadelförmigen Kristallen. Die Formveränderlichkeit der säulenförmigen, in der Richtung der Hauptachse sich entwickelnden Prismen hält sich also in sehr bescheidenen Grenzen.

Ganz anders liegen dagegen die Verhältnisse bei den plättchenförmigen Prismen oder hexagonalen Tafeln. Hier entwickeln sich die Kristalle nach den drei Nebenachsen, die sich in einer Ebene unter Winkeln von 60° schneiden, und erhalten dadurch Spielraum für eine überraschende Mannigfaltigkeit und einen grandiosen Formenreichtum. Die zwei Grenzformen des Aufbaues der tafelförmigen Kristalle sind durch den reinen Stern und das volle hexagonale Plättchen gegeben. Ersterer entsteht durch alleinige Entwicklung der Kristallbildung in den drei Achsenrichtungen, letzteres durch Aufbau des Kristalles unter Einhaltung des Kantenswinkels und Ausfüllung des Zwischenraumes zwischen den drei Achsen. Innerhalb dieser beiden Grenzformen gibt es alle nur denkbaren Übergänge und Kombinationen. Erfolgt die Ausfüllung der Achsenzwischenräume nur teilweise, so ist entweder nur die Plättchenmitte, das Zentralfeld, voll ausgebildet (Plättchensterne), oder es wird überhaupt kein zentrales Plättchen gebildet, und es finden nur reine Sternbildungen mit und ohne Verästelungen (Dendriten) statt. Auch

die vollen Tafeln können Einschnitte oder Ansätze aufweisen, wie auch bei den Sternen Bildungen aus breiten oder schmalen Strahlen mit und ohne Verästelungen möglich sind.

Es ist leicht verständlich, daß auf diese Weise eine außerordentliche Mannigfaltigkeit in der Entwicklung der Tafelkristalle möglich und denkbar ist, handelt es sich doch dabei um nichts anderes als um Wachstumsprozesse, wie wir sie auch bei den hexagonalen Bildungen der Organismen (z. B. in den Kieselskeletten der Radiolarien, Diatomeen und Spongien), variabel und variierbar durch äußere und innere Ursachen und Kräfte, wiederfinden. Von verschiedenen Autoren (A. WEGENER, O. LEHMANN) wurde darauf hingewiesen, daß die sternförmigen Schneekristalle eigentlich Kristallskelette darstellen, wie sie nicht selten auch in Lösungen dann entstehen, wenn die Beschaffenheit des Lösungsmittels die ungehinderte Zufuhr der Baustoffe des Kristalles hemmt. Nach dieser Anschauung entstehen die komplizierten Schneekristallskelette, wenn eine Übersättigung an Wasserdampf vorhanden ist. Nimmt diese hingegen ab, so wird das Skelett, bei dem jedes Stäbchen einer Ecke, jedes Blättchen einer Kantenrichtung des Kristalles entspricht, ergänzt. Skelettbildung und -ergänzung wechseln beim Niedersinken der Schneekristalle miteinander ab und lassen so die Vielfalt der sternförmigen Schneekristalle entstehen.

Man hat verschiedentlich versucht, in die scheinbar unentwirrbare Formenvielfalt der Schneekristalle durch eine Klassifikation Ordnung zu bringen, um dadurch die systematische Beobachtung zu erleichtern. Gestützt auf die einschlägigen Arbeiten von G. NORDENSKJÖLD¹⁾, G. HELLMANN, W. A. BENTLEY, A. DOBROWOLSKI und O. SZLAVIK gibt J. M. PERNTER die nachstehende

Klassifikation der Schneekristalle.

I. Vorwiegend nach der Hauptachse entwickelte Kristalle

1. Einfache säulenförmige Prismen,
flaschenförmige Kristalle,
3. nadelartige Formen.

II. Vorwiegend nach den Nebenachsen entwickelte Kristalle

A. Plättchen.

- a) Einfache, volle Plättchen,
- b) Plättchen mit Einkerbungen,
- c) Plättchen mit Ansätzen,
- d) Übergangsformen zu den Plättchensternen.

¹⁾ Zu diesen und allen übrigen Autoren siehe Literaturverzeichnis!

I. Plättchensterne (Sterne mit Plättchenkern).

- a) Mit breiten Strahlen,
- b) mit breiten verästelten Strahlen,
- c) mit schmalen Strahlen,
- d) mit schmalen verästelten Strahlen.

Reine Sterne (ohne Plättchenkern).

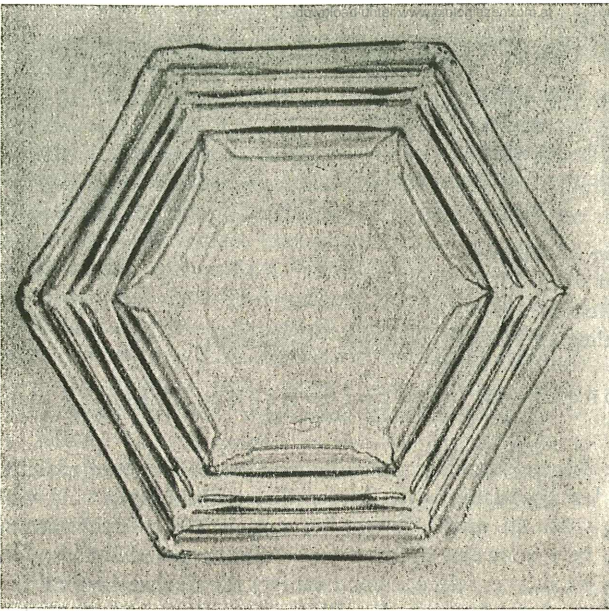
- a) Mit breiten Strahlen,
- b) mit breiten verästelten Strahlen,
- c) mit schmalen Strahlen,
- d) mit schmalen verästelten Strahlen (Dendriten).

III. Kombinationen säulenförmigen Prismen und Plättchen

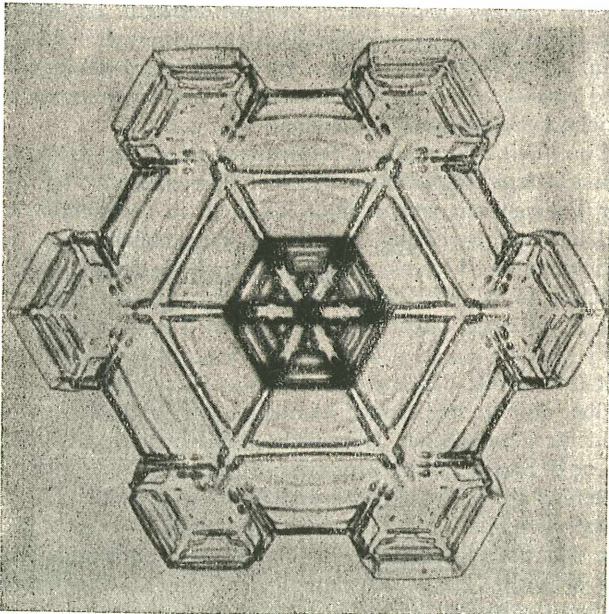
Die Schneekristalle zeigen durchaus nicht immer eine vollendete geometrische Regelmäßigkeit. Unregelmäßigkeiten in den Kristallbildungen sind vielmehr ziemlich häufig, wenn sie auch oft erst bei eingehenderer Beobachtung auffallen. Häufig sind beispielsweise die Sechsecke nicht regelmäßig, sondern in die Länge gezogen, oder (was seltener der Fall ist) die Sechsecke sind fast auf Dreiecke reduziert. Asymmetrien der Plättchen, Plättchensterne und echten Sterne zeigen sich gelegentlich auch in der Weise, daß die Kristalle nicht nach allen drei Nebenachsen gleichmäßig ausgebildet sind. So können z. B. oft zwei diametral gegenüberliegende Strahlen entgegengesetzt verlängert oder verkürzt sein. Auch Reduktionsformen durch Fehlen einzelner oder mehrerer Strahlen und Ansätze sind bei systematischen Untersuchungen der Schneekristalle gar nicht so selten zu beobachten.

Eine interessante Einzelheit sehr vieler tafelförmiger Schneekristalle, die bei strahligen Sternen mit und ohne Zentralfeld, bei Plättchen und bei den Kombinationen beider Formen mit wechselnder Klarkeit zu beobachten ist, ist eine feine, parallel laufende Streifung, welche die Wachstumsphasen des Kristalles darstellt. Nicht minder bemerkenswert sind auch die feinen, hohlen Kanälchen, auf die schon G. NORDENSKJÖLD aufmerksam machte und hinwies, daß er diese Kapillaren selbst bei sehr tiefen Temperaturen mit Wasser gefüllt fand.

Was die Häufigkeit und Größe der einzelnen Formen der Schneekristalle anlangt, so liegen darüber eine Reihe genauer Zählungen bei Schneefällen vor. G. HELLMANN fand für die nach den Nebenachsen entwickelten Kristalle 39% strahlige Sterne, 20% Sterne mit verbreiterten Strahlen, 41% Plättchen. W. A. BENTLEY untersuchte 66 Schneefälle und fand dabei 37mal säulenförmige Prismen, 14mal Nadeln, 57mal Plättchen und 64mal Sterne. A. DOBROWOLSKI zählte bei 708 Schneefällen 454mal plättchenförmige und 419mal säulenförmige Kristalle. Es ist offenkundig, daß die Lufttemperatur auf die Formbildung und Größe der Schneekristalle einen maßgebenden Ein-

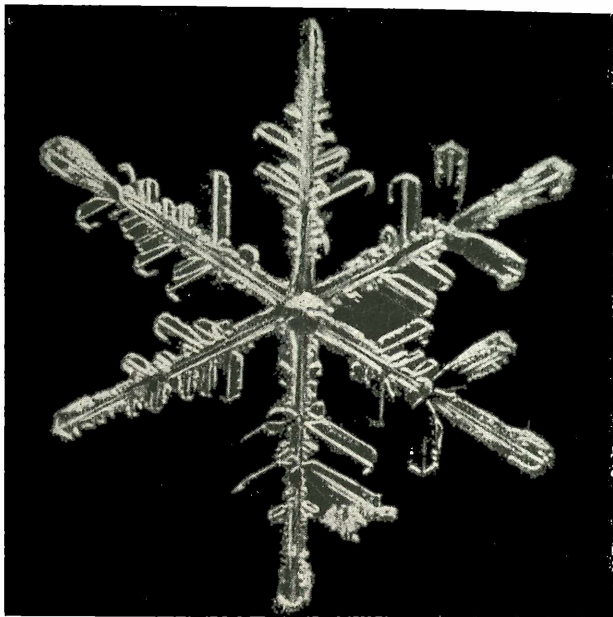


*Abb. 1. Einfaches,
volles Plättchen;
— 10° C.
(Abbildungsmaß-
stab 80: 1)*

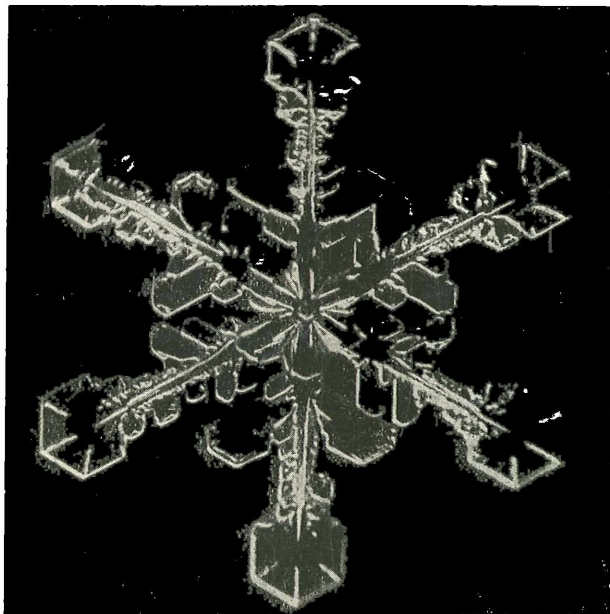


*Abb. 2. Plättchen
mit Ansätzen;
— 8° C.
(Abbildungsmaß-
stab 80: 1)*

*Abb. 3. Reiner Stern
mit schmalen, ver-
ästelten Strahlen
(Dendriten); — 8° C.
(Abbildungsmaß-
stab 63: 1)*



*Abb. 4. Plättchen-
stern mit Zentral-
kern und schmalen
Strahlen; — 8° C.
(Abbildungsmaß-
stab 80: 1)*



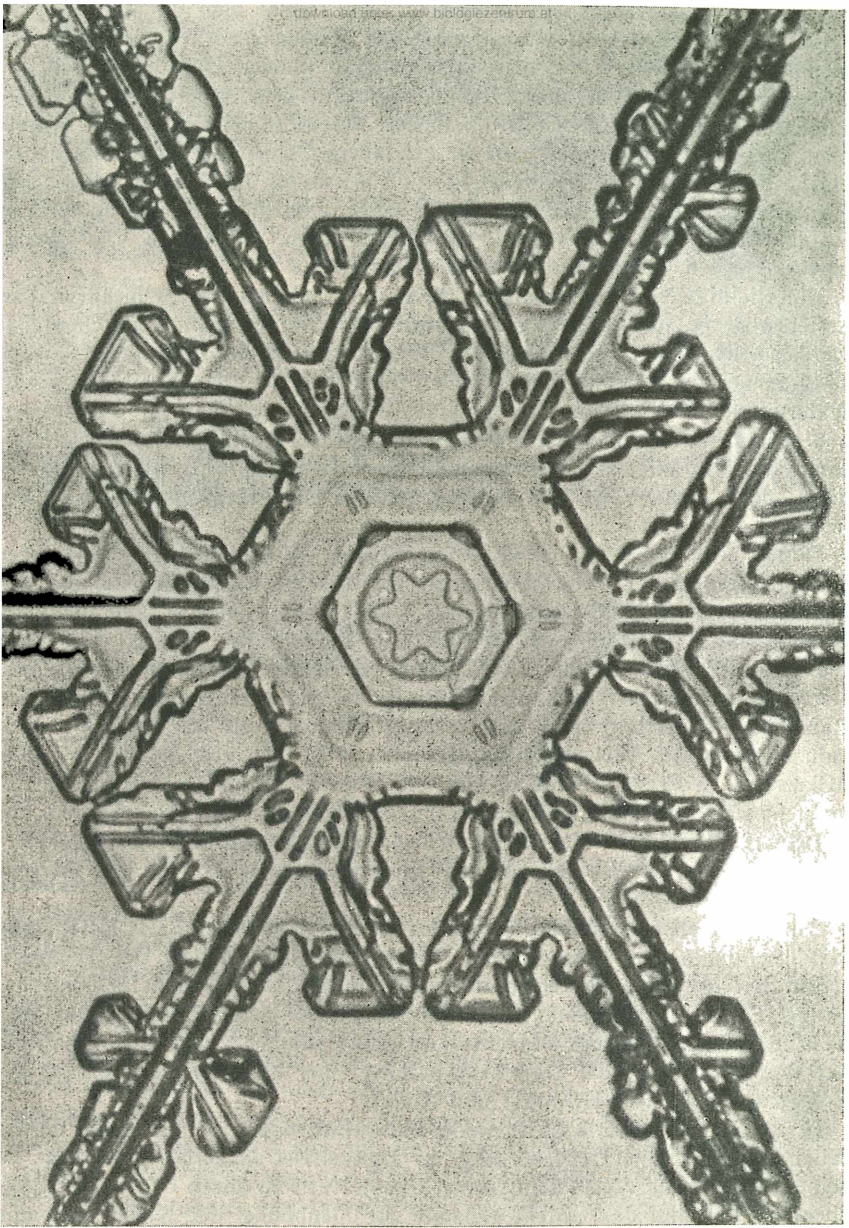
fluß ausübt, und zwar in der Weise, daß mit dem Sinken der Temperatur die Kristallgröße abnimmt, weil mit zunehmender Kälte der Feuchtigkeitsgehalt der Luft, aus der die Kristalle sublimiert werden, geringer wird. Aus allen Zählungen ergibt sich, daß bei sehr tiefen Temperaturen (etwa ab -10°C) die plättchen- oder tafelförmigen Kristalle immer mehr überwiegen und um so kleiner werden, je niedriger die Temperatur ist. Der sogenannte „Diamantstaub“ bei sehr niedrigen Temperaturen und Windstille, der im Sonnenlicht zauberhaft aufblitzt, besteht nach den Untersuchungen von G. HELLMANN und A. DOBROWOLSKI ausschließlich aus kleinsten Plättchen. Als kleinsten Durchmesser maß A. DOBROWOLSKI bei einem reinen Stern 0,5 mm, J. WESTMANN einen solchen von 0,12 mm. Ich selbst fand bei Temperaturen von -7° bis -10°C als kleinste Durchmesser für reine Sterne 0,8 mm bis 1,0 mm, für Plättchen solche von 0,3 mm bis 0,4 mm.

Es ist naheliegend, daß auch die Luftbewegungen einen Einfluß auf die Kristalle ausüben und bei windigem Wetter die Schneekristalle durcheinandergewirbelt werden, wobei die zarten Gebilde leicht zertrümmert werden, so daß oft nur Bruchstücke zu sehen sind. Jedenfalls sind auch nach meinen jahrelangen Beobachtungen bei nebelfreiem und windstillem Wetter die Kristallbildungen am eindrucksvollsten und schönsten.

Die prächtigen Formen der Schneekristalle haben schon vor langer Zeit zur Abbildung gereizt. Nach J. M. PERNTER gelang es G. NORDESKJÖLD (dem Sohn des berühmten Reisenden) nach längeren Versuchen in früheren Jahren, erstmalig im Winter 1892/93 in Stockholm, über 200 Mikroaufnahmen herzustellen, von denen er im Frühling 1893 eine Auswahl von 78 Bildern in einer vorläufigen Mitteilung veröffentlichte. Ende 1893 erschien die Arbeit von G. HELLMANN, in der er auf 8 Tafeln 15 Aufnahmen von Schneekristallen reproduzierte, die (ebenfalls im Winter 1892/93) von R. NEUHAUSS in Berlin aufgenommen wurden. Dann folgte der Amerikaner W. A. BENTLEY, der 1901 aus seinen zwanzigjährigen Studien über Schneekristalle 17 Mikroaufnahmen publizierte, die aus den Jahren 1895 bis 1901 stammten. 1903 erschien dann vom gleichen Autor eine Sammlung von mehr als 250 Mikroaufnahmen von Schneekristallen.

Mit der Heranziehung der Mikrofotografie wurde ein neuer Abschnitt in der Erforschung der Schneekristalle eingeleitet und die Verbindung von Mikroskop und Kamera hat wesentlich dazu beigetragen, viele Einzelheiten über die äußere Gestalt und die innere Struktur dieser vergänglichen Gebilde festzulegen. Trotzdem sind noch lange nicht alle Fragen geklärt, und für weitere Forschungen, aber auch für Demonstrations- und Anschauungszwecke eröffnet sich hier ein fruchtbares Feld für mikrofotografische Arbeiten. Manchem Leser werden deshalb die folgenden Hinweise für die praktische Durchführung solcher Aufnahmen willkommen sein, bei denen ich mich auf eigene langjährige Erfahrungen stütze.

Wenn man heute die Arbeiten eines NORDESKJÖLD, NEUHAUSS, BENTLEY u. a. durchblättert und liest, daß diese Forscher noch mit Balgen- und Reisekameras im Durchschnittsformat von 18×24 cm und mit Petroleum-



1bb. 5. Zentralfeld eines Plättchensternes; -8°C . (Abbildungsmaßstab 160:1)

rundbrennern als Lichtquelle arbeiten, dann denkt man unwillkürlich an seine eigenen ersten mikrophotographischen Versuche zurück, die unter den gleichen technischen Voraussetzungen zustande kamen. Und dann sucht der Blick dankbar die moderne Kleinbildkamera auf dem Arbeitstisch, die mit samt den Errungenschaften neuzeitlicher Beleuchtungstechnik den Mikrophotographen von heute spielend die kristallene Pracht der Schneesternchen bewältigen lassen. Und trotzdem gilt auch bei diesen Aufnahmen heute noch das Wort C. KAISERLINGS, daß die wissenschaftliche Photographie kein Handwerk ist, sondern eine der Beschäftigungen, die eigene Überlegung, eigenes Suchen und ausdauernde Arbeit erfordern

Die wichtigsten Vorbereitungen für die Aufnahmen von Schneekristallen bestehen darin, daß das Mikroskop, mit dem die Aufnahmen durchgeführt werden sollen, hinreichend abgekühlt ist. Man stellt das Instrument deshalb 1—2 Stunden vor Beginn der Arbeiten ins Freie. Da die abzubildenden Objekte maximal etwa 3 mm Durchmesser besitzen, wird man mit Objektiven von etwa 2—10facher Eigenvergrößerung stets das Auslangen finden. Die gesamte übrige Optik mit ihren empfindlicheren Systemen wird entfernt und nur die 2 oder 3 Arbeitsobjektive der angegebenen Eigenvergrößerung daran lassen.

Wie schon angedeutet, ist eine der üblichen Kleinbildkameras (entweder eine einäugige Spiegelreflexkamera mit Mattscheibe für die Einstellung des Mikrobildes, wie die Kine-Exakta, oder eine andere gebräuchliche Kamera mit Entfernungsmesser wie die Leica oder Contax oder eine Robot unter Verwendung des REICHERT'schen Beobachtungszwischstückes mit Einblickfernrohr zur Kontrolle der Scharfeinstellung) wegen der ständigen Bereitschaft und des raschen Filmwechsels das gegebene Aufnahmeinstrument. Auch die Aufsatzkamera wird man zweckmäßig mit dem Mikroskop im Freien abkühlen, um jede Wärmestrahlung zu vermeiden. Es versteht sich von selbst, daß man das Mikroskop samt Kamera vor dem unmittelbaren Beschneien durch einen entsprechend großen Schirm (paradoxe Weise kann es vorteilhaft einer der großen „Sonnen“schirme des Gartens sein!) schützt.

Als universell verwendbare Lichtquelle habe ich stets die REICHERT'sche Niedervoltlampe mit entsprechend langer Zuleitung benutzt. Bei Temperaturen ab -6°C ist die Luftkühlung ausreichend, so daß man Schmelzvorgänge an den Objekten nicht zu befürchten hat. Bei höherer Temperatur (zum Teil auch bei Ringspiegelkondensor-Auflicht) empfiehlt sich zur Abhaltung der Wärmestrahlung die Zwischenschaltung einer Kühlkuvette mit einer gesättigten Lösung von Kochsalz und Alaun.

Die Aufnahme selbst kann entweder mit auffallendem Licht oder mit durchfallendem Licht im Hellfeld oder im Dunkelfeld ausgeführt werden. In seiner einfachsten Weise kann (einseitiges) Auflicht durch das aus entsprechender Höhe auf das Objekt gelenkte Strahlenbündel der Niedervoltlampe bewirkt werden, falls man es nicht vorzieht, für exakte Arbeiten eine der gebräuchlichen Auflichteinrichtungen (Epilum-Objektive usw.) in Anwendung

zu bringen. Nicht immer wird aber das Auflicht (vor allem wegen störender Reflexe an Kanten usw.) restlos befriedigen, weshalb ich das Durchlicht-Dunkelfeld, das die Kristalle hell leuchtend auf dunklem Grund zur Darstellung bringt, bevorzuge, wobei das Dunkelfeld entweder mit einer Sternblende im Mikroskopkondensator oder einem einfachen Brillenglas-Dunkelfeldkondensator leicht zu bewerkstelligen ist. Feine Einzelheiten der inneren Kristallstruktur wird man allerdings vorteilhaft mit dem üblichen Durchlicht-Hellfeld abbilden. In manchen Fällen wird auch eine sorgfältig aufeinander abgestimmte Kombination von Auflicht und Durchlicht zu guten Aufnahmeergebnissen führen.

Im Hinblick auf den nachfolgenden Positiv-Vergrößerungsprozeß (Hochglanzkopien!) sind feinkörnige Aufnahme-Emulsionen zu verwenden. Da es sich bei den Schneekristallen um Objekte ohne Eigenfarbe handelt, kann hier als Aufnahmematerial der sehr feinkörnige Diapositivfilm (unter Verwendung des üblichen Blauglases im Filterring des Kondensators) mit Vorteil herangezogen werden. Die optimalen Belichtungszeiten lassen sich für die jeweils in Gebrauch stehende Zusammenstellung durch einige Probeaufnahmen leicht ermitteln.

Besondere Sorgfalt ist den aufzunehmenden Objekten zu widmen. Die Objektträger müssen absolut blank geputzt werden, was besonders für Aufnahmen im Dunkelfeld zu beachten ist, da jede Verunreinigung des Objektträgers im Dunkelfeld aufleuchtet. Eine Anzahl so vorbereiteter Objektträger läßt man vor Beginn der Aufnahmen ebenfalls vollkommen abkühlen und dann beschneien.

Die Durchmusterung und Auswahl der Präparate erfolgt in der Kontrollbeobachtung (Mattscheibe oder Einstellfernrohr). Wärmestrahlung der Finger, die sehr leicht für die Kristalle gefährlich werden kann, verhindert man durch Handschuhe. Angenehm ist ein beweglicher Objektführer, der eine rasche und sichere Orientierung der Objekte im Gesichtsfeld erlaubt. Sehr vorsichtig sei man auch bei der Arbeit am Mikroskop mit der eigenen warmen Atemluft! Sie kann sehr leicht die schönsten Objekte rettungslos verderben! Man braucht sich ja nicht völlig zu vermummen, aber irgendein behelfsmäßiger Hauchschirm leistet immer gute Dienste.

Bei einiger Geschicklichkeit gelingt auch unschwer eine Korrektur der Lage einzelner Kristalle (parallel zur Objektiv-Frontlinse), um eine gleichmäßige Bildschärfe zu garantieren, da ja die Objekte nicht immer gleichmäßig auf dem Objektträger beim Beschneien aufliegen; ja sogar eine vorsichtige Übertragung von einem Objektträger auf den anderen mit Hilfe gut abgekühlter Präpariernadeln usw. ist durch Adhäsion ohne weiteres möglich. Grundsätzlich sind nur die frei auf den Objektträger gefallen Kristalle für die Aufnahmen zu verwenden, da z. B. Kristalle einer Schneedecke bereits durch Verdunstungsvorgänge usw. beträchtlich in ihrem Aussehen verändert sind.

Zum Abschluß lasse ich ein Literaturverzeichnis folgen, das möglichst alle Arbeiten über das behandelte Thema enthält, soweit mir diese bekannt geworden sind.

- . *Bentley W. A.*, Twenty years study of snow crystals. *Monthly Weather Review*, **40** (1901): 212—214.
2. — Snow crystals *Monthly Weather Review*, **40** (1901): 118.
3. — Studies among the snow crystals during the winter 1901/02, with additional data collected during the previous winters. *Monthly Weather Review*, **41** (1902): 607—616.
4. — Studies of frost and ice crystals. *Monthly Weather Review*, **45** (1907): 348, 397, 439, 512, 584.
5. *Deckart M.*, Schneekristalle. *Natur und Volk* (1936), 1.
6. *Deckart M.* und *Feige R.*, Mikrophotographie von Schneekristallen. *Die Leica*, **4** (1934/35), 4: 102—104.
7. *Dobrowański A.*, Résultats du voyage du S. Y. „Belgica“; an 1897—1898—1899, *Météorologie*, La neige et la glace. Anvers, 1903.
8. — Quelques idées sur la forme et sur la structure des cristaux de neige. *Ciel et Terre*, **24** (1903—1904): 391—403, 427—438, 449—459.
9. Les cristaux de glace aériens et le phénomène des halos. *Ciel et Terre*, **28** (1907/8): 183—196, 257—267, 305—312, 336—342.
- 10 *Hellmann G.*, Schneekristalle. Berlin, 1893. (Enthält eine Zusammenfassung der älteren Literatur.)
11. *Kaiserling, C.*, Praktikum d. wissenschaftl. Photographie. Berlin, 1898.
12. Die mikrophotographischen Apparate und ihre Handhabung. Stuttgart, 1918.
13. *Miethe A.*, Schnee- und Eiskristalle. *Prometheus*, **4** (1893): 357—361, 374—376.
14. *Neuhauss R.*, Neue Aufnahmen von Schneekristallen. *Photographische Rundschau* (1900): 31.
15. — Lehrbuch der Mikrophotographie. 3. Auflage, Leipzig, 1907, 76—77, 151—155, 199—201.
16. *Niklitschek A.*, Eis und Schnee unter dem Mikroskop. *Mikrokosmos*, **29** (1935/36), 5.
17. *Nordenskjöld G.*, Praliminart meddelande rörande en undersökning af snökrystaller. *Aftryck ur Geol. Fören. i Stockholm*. Förhandl., **15** (1893), 3.
18. — Communication préliminaire sur une étude des cristaux de neige. *Bull. de la soc. franç. de minéralogie*, **16**: 59.
19. — The inner structure of snow crystals. *Nature*, **48** (1893): 592—594.
20. *Pauschmano G.*, Schneekristalle. *Mikrokosmos*, **19** (1925/26), 3: 49.
21. *Pernter J. M.*, *Exner F. M.*, *Meteorologische Optik*. Wien—Leipzig, 1922.
22. *Pochmann A.*, Mikroskopie im Schnee. *Mikrokosmos*, **34** (1940/41), 5.
23. *Prinz W.*, Fleurs de glace. *Ciel et Terre*, **15** (1895): 499—510.
- 24 *Reukauf E.*, Schneesternchen. *Mikroskopie für Naturfreunde*, **5** (1927), 12: 321.
25. *Wegener A.*, *Thermodynamik der Atmosphäre*. Berlin, 1911.
26. *Westmann J.*, *Mesure d'un arc de Méridien au Spitzberg*. *Mission Suédoise*. **2**, 8. Teil. *Forme et grandeur cristaux de neige*. Stockholm 1906.
27. *Wolf-Czapek K. W.*, *Angewandte Photographie in Wissenschaft und Technik*. **1**, Berlin, 1911: 76.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mikroskopie - Zentralblatt für Mikroskopische Forschung und Methodik](#)

Jahr/Year: 1946/1947

Band/Volume: [1](#)

Autor(en)/Author(s): Schild Ewald

Artikel/Article: [Mikroskopie des Schnees. 115-124](#)