

# Ueber die optische Structur des Eises.

Von

Dr. **Friedr. Klocke** in Freiburg i. B.

---

## 1.

Die neueste Arbeit über die optische Structur des Eises von BERTIN <sup>1</sup> lieferte das interessante Resultat, dass zwischen der Richtung, in welcher die Erkaltung des Wassers beim Gefrieren stattfindet, und der optischen Orientirung des entstehenden Eises eine Beziehung besteht, und zwar, dass ganz allgemein die optische Axe desselben senkrecht zu der Fläche gestellt sei, von der die Erkaltung ausgehe. Bei Wiederholung der BERTIN'schen Versuche fand ich das von ihm aufgestellte Gesetz durchaus bestätigt, auch in einem Falle, wo BERTIN kein orientirtes Eis erhielt, nämlich beim Gefrieren des Wassers in Formen mittelst einer Kältemischung. Von dem unter diesen Umständen entstandenen Eise giebt BERTIN an, dass es weiss und undurchsichtig war und eine verworrene Krystallisation besass, und schreibt dies dem zu raschen und gestörten Erstarren des Wassers zu. Bei meinen Versuchen erhielt ich dagegen solches „künstliches“ Eis klar und durchsichtig, und dem oben angeführten Gesetz entsprechend orientirt, nämlich überall die optische Axe senkrecht zu den Gefässwänden.

Ich verfuhr dabei in folgender Weise: Ein dünnwandiger Blechkasten in der Grösse eines gewöhnlichen Cigarrenkistchens wurde, mit Wasser gefüllt, in einen hölzernen Trog gestellt, und der Zwischenraum zwischen den Wänden der beiden

---

<sup>1</sup> Ann. chim. phys. 1878, 5. série, t. XIII, p. 283.

Gefässe mit einer Kältemischung aus Schnee und Kochsalz, deren Temperatur 16 bis 21° C. betrug, ausgefüllt. Das Ganze befand sich, vor Erschütterung möglichst bewahrt, in einem mässig warmen Zimmer, so dass also die Erkaltung des Wassers nicht von seiner Oberfläche, sondern nur von den Seitenflächen des Gefässes ausgehen konnte. Das entstehende Eis bildete nun zuerst eine schmale Leiste entlang den Gefässwänden auf der Oberfläche des Wassers. Von hier aus überkleideten sich die Wände mit einer von oben nach unten an Dicke abnehmenden Eislage, die allmählich den Boden erreichte. Beim Gefrieren des Wassers im Freien schiessen Eisstrahlen von den Wänden aus über die Oberfläche hin; im vorliegenden Falle aber, wo die Erkaltung nicht von oben ausgeht, fehlen dieselben. Dafür überziehen sich von der erstgebildeten Leiste ausgehend, in diesem Versuche die Gefässwände mit abwärts wachsenden Eisblumen, bevor eine zusammenhängende Eisschicht an denselben zu Stande kommt. Diese Eisblumen fand ich so gebaut, dass ihre Auslöschungsrichtung bei gekreuzten Nicols mit ihrer Längsausdehnung zusammenfiel, dass sie also Streifen parallel der Hauptaxe waren. Dagegen zeigte die später gebildete compacte Eisschicht in Platten parallel den Gefässwänden im convergirenden polarisirten Licht sehr schön das normale Axenbild, während es im parallelen Licht bei einer ganzen Horizontaldrehung dunkel blieb. Die optische Axe stand hier also senkrecht zur Erkaltungsfläche.

Auch als ich die Form des Wassergefässes beliebig änderte, zeigte das bei diesen Versuchen gebildete Eis stets die von der Richtung der Gefässwand, resp. Richtung der Erkaltung abhängige Orientirung. Nur durch Erschütterung der Gefässe und Umrühren des gefrierenden Wassers entstanden Platten, die zum Theil Aggregat-Polarisation zeigten.

Bei dem regelmässigen Eise waren auch die eingeschlossenen Luftbläschen und Canäle gesetzmässig angeordnet, nämlich in Reihen parallel der Hauptaxe. Auch an natürlichem See-Eise fand ich gelegentlich diese Anordnung der Interpositionen; dieselbe muss dem zuweilen beobachteten Zerfallen des Eises beim Schmelzen an der Sonne in stenglige Individuen grossen Vorschub leisten.

## 2.

Während ich somit das Hauptresultat BERTIN's bestätigt fand, war dies nicht der Fall mit einer andern Angabe desselben, welche die Veranlassung zu meiner vorliegenden Untersuchung wurde. BERTIN bemerkt nämlich bezüglich des in einem offenen Gefässe an kalter Luft frierenden Wassers, dass die erste dünne, auf der Oberfläche sich bildende Eisschicht eine verworrene Krystallisation besitze, und dass erst, nachdem dieselbe eine Dicke von einigen Millimetern erreicht habe, im polarisirten Licht ein gutes Axenbild erscheine.

Ausgehend von der Überlegung, dass es durchaus unwahrscheinlich sei, dass aus einer regellos aggregirten Kruste bei dem Dickerwerden derselben durch fortdauernden Substanzansatz eine einheitlich krystallisirte Platte werde, studirte ich die unter den angegebenen Umständen entstehenden Eisbildungen von den zar- testen Anfängen an durch alle Stadien bis zu dickeren Platten im polarisirten Licht, und fand, wie ich von vornherein vermuthete, dass auch bereits den anfänglichen Krystalliten und dünnsten Blättchen eine einheitliche krystallinische Structur und gesetzmässige Stellung der optischen Axe zukomme, wenn dies bei der späteren dicker gewordenen Tafel der Fall sei, dass dagegen die Tafel Aggregat-Polarisation behalte, wenn die Krystallisation der erstgebildeten Schicht eine gestörte und verworrene war.

Die Versuche wurden direct im Freien angestellt, bei strenger oder geringerer Kälte; das untersuchte Eis bildete sich auf der Oberfläche des in grossen hölzernen Gefässen ruhig stehenden Wassers. Die sich entwickelnden Eisnadeln und Tafeln wurden mit stark erkalteten Objektträgern herausgehoben und unmittelbar in die daneben aufgestellten Instrumente <sup>2</sup> gebracht.

---

<sup>2</sup> Ich benutzte einen NÖRREMBERG'schen Polarisationsapparat zu den Beobachtungen im convergenten Lichte, ein Polarisations-Instrument für paralleles Licht, aus Theilen des GROTH'schen Universal-Apparates zusammengestellt, und ein mit den Nicols versehenes Mikroskop mit sehr schwacher Vergrösserung. An den beiden letzteren Instrumenten wurde zuweilen noch ein Gypsblättchen eingeschaltet, um dem Gesichtsfeld einen empfindlichen Farbenton zu ertheilen, was die rasche und sichere Auffassung complicirter Structuren zuweilen erleichterte.

Der Beginn der Krystallisation bestand in dem Anschliessen einzelner feiner Nadeln auf der Oberfläche des Wassers, welche von den Gefässwänden ausgingen. Die Richtungen in denen sie ausstrahlten, waren keine bestimmten; Parallelismus mehrerer Nadeln war ebenfalls nicht wahrzunehmen; sie liefen schief in das Wasser, alle beliebigen Winkel mit der Gefässwand bildend, zuweilen mehrere dicht bei einander fächerförmig divergirend. Diese Nadeln erwiesen sich als krystallographische Individuen und wirkten stark auf das polarisirte Licht. Zwischen gekreuzten Nicols erschienen sie lebhaft gefärbt und wurden nur dunkel, wenn ihre Längsrichtung mit einer Hauptschwingungsrichtung der Nicols zusammenfiel. Danach entsprachen diese zuerst gebildeten Eisnadeln nicht, wie man wegen der Orientierung der später entstehenden zusammenhängenden Eisplatte denken sollte, den Richtungen der krystallographischen Nebenaxen des Eises, sondern sind der Hauptaxe parallel.

Den Grund, dass die Richtung dieser von der Gefässwand ausgehenden, in der Oberfläche liegenden Nadeln keine sich gleichbleibende und gesetzmässige ist, könnte man darin suchen, dass in der Linie, in welcher die Wasserfläche die Gefässwand schneidet, erstens die Erkaltung nach zwei verschiedenen Richtungen hin stattfindet, nämlich gleichzeitig nach oben und nach der freien Seite, und zweitens dass die Gestalt der Oberfläche des Wassers durch dessen Adhäsion an die Gefässwand an dieser Stelle verändert wird. Doch entsteht auch innerhalb des Wassers an der Gefässwand Eis, welches keinerlei regelmässige Stellung erkennen lässt, worauf ich weiter unten ausführlicher zurückkommen werde.

Jene auf der Oberfläche zuerst gebildeten, parallel der optischen Axe ausgedehnten Nadeln nehmen rasch an Zahl und Grösse zu, und während dieselben bis zu beträchtlicher Länge voranschliessen, setzen sie auch seitlich Eis an, doch bleibt die Breite der ursprünglichen Nadel durch eine etwas hervorragende Leiste gekennzeichnet. In diesem Entwicklungsstadium sind sie sehr merkwürdig. In den von mir beobachteten Fällen blieben sie nämlich meistens auf der einen Seite längere Zeit hindurch glatt und ohne merklichen Zuwachs, und wuchsen nur auf der andern Seite in die Breite unter Ansetzung eines Blättchens mit



gezähntem oder gefiedertem Rande. Seltener fand ich solche Blättchen auf beiden Seiten der Nadel sich gleichzeitig bildend. Dieser neue seitlich angesetzte Theil der Nadel ist nun nicht eine Fortwachsung derselben; er ist allerdings in sich wieder einheitlich gebildet, besitzt aber andere krystallographische Orientirung. Zwischen gekreuzten Nicols bleibt er nämlich in allen Stellungen dunkel, und im convergirenden polarisirten Licht erscheint ein Axenbild. Die Dicke dieser Bildung ist zwar noch zu gering, als dass die Ringe des Axenbildes in's Gesichtsfeld fallen könnten, doch ist das dunkle Kreuz wenigstens unverkennbar. Dieser neue breitere Theil der Nadeln ist demnach so gebildet, dass seine Hauptaxe nicht mehr parallel ihrer Längsausdehnung, sondern senkrecht darauf, und zwar senkrecht auf die Oberfläche des Wassers gerichtet ist. Der seitlich neu angesetzte Theil folgt demnach dem BERTIN'schen Gesetz.

Die Hauptaxen der beiden verschiedenen Theile der Eisstengel stehen senkrecht gegeneinander; ob hier eine Zwillingsstellung vorliegt, ist danach aber noch nicht zu entscheiden. Es macht mir übrigens eher den Eindruck, als finde die weitere Eisbildung ganz unabhängig von jenen zuerst entstehenden nach der Hauptaxe ausgedehnten Nadeln statt, und als würden dieselben wie fremde, einflusslose Körper eingeschlossen. Jedenfalls ist die plötzliche Änderung der Orientirung bei der Vergrösserung der Nadeln in die Breite, während die in der Längsrichtung sich ansetzende Substanz die anfängliche Orientirung beibehält, eine merkwürdige Thatsache.

Findet das Gefrieren in ziemlich starker Kälte statt, so erstarrt die ganze Oberfläche nun gewöhnlich ohne Weiteres zu einer klaren, gleichartigen, die bis dahin gebildeten Nadeln und Stäbchen einschliessenden dünnen Tafel. Wenn dieselbe auch noch so dünn ist, dass man Stückchen eben nur herausheben kann, so zeigt sie doch im NÖRREMBERG schon das schwarze Kreuz, zu welchem bei fortschreitender Dicke der Tafel die regelmässigen Ringe treten. Im parallelen polarisirten Licht ist die Platte bei gekreuzten Nicols durchaus dunkel und bleibt es auch bei einer ganzen Horizontaldrehung. Die Eistafel besitzt also von Anfang an die von dem BERTIN'schen Gesetz geforderte Orientirung, und ihre Krystallisation ist, wenn man von den an den Wänden

anfänglich parallel der Hauptaxe ausgebildeten horizontalen Nadeln absieht, keine verworrene. Nur ganz vereinzelt fand ich bei der Untersuchung im parallelen polarisirten Licht in der sonst homogenen Tafel einzelne horizontal liegende scharf begrenzte Stengel oder kürzere zugespitzte Prismen eingeschlossen, die parallel der Hauptaxe ausgedehnt waren. Zuweilen waren zwei solche Nadeln unter beliebigem Winkel durcheinander gewachsen, oder mehrere derselben strahlten von einem Centrum nach verschiedenen Richtungen aus. Ausserdem fanden sich ab und zu auch kleine unregelmässig begrenzte und abweichend gelagerte Individuen vor.

Was die Veranlassung zu der nicht gesetzmässigen Orientirung dieser vereinzelt Eis-Individuen sein mag, ist nicht ersichtlich. Ich vermuthete, dass sich diese Nadeln vielleicht an einzelne fremde Körperchen ansetzten, und noch vor dem gänzlichen Erstarren der Oberfläche gebildet wurden. Als ich aber absichtlich kleine Holzstückchen auf dem erkaltenden Wasser schwimmen liess, froren dieselben einfach in die regelmässige Eisplatte ein, ohne, wie ich erwartet hatte, zum Ansatzpunkt für abweichend orientirte Nadeln zu werden.

Wenn das Wasser dagegen statt in strenger Kälte in einer Temperatur fror, die nur wenig unter  $0^{\circ}$  lag, so wurde der Übergang zu einer zusammenhängenden Eisschicht vermittelt durch ein von den zuerst an den Gefässwänden gebildeten Nadeln ausgehendes, reich verzweigtes Netzwerk von Stäben, Nadeln, Blättchen und Fiederchen in den mannigfaltigsten Zusammensetzungen, welches aber die Gesetzmässigkeit erkennen liess, dass sich die Reihen unter Winkeln von  $60^{\circ}$  oder annähernd  $60^{\circ}$  schnitten. Die ganz regelmässigen, allseitig ausgebildeten sechsstrahligen Krystallite, wie sie die Schneesterne in so bewunderungswürdiger Abwechslung aufweisen, fehlen hier allerdings, da die Verzweigung gewöhnlich nur eine einseitige ist, so dass die Maschen des Gitterwerks hauptsächlich sich zu Rhomben gestalten. Diese Ausbildung ist ohne Zweifel durch das einseitige Fortschreiten der Krystallisation von dem festen Ausgangspunkt der Wände her bedingt; hätten diese Eis-Krystallite nach allen Seiten hin freien Raum, so würden sie sich wohl ebenfalls sechsstrahlig ausbilden.

Alle diese in dem späteren Wachstumsstadium sich bildenden Äste und Verzweigungen bleiben nun zwischen gekreuzten Nicols in parallelem Licht in allen Lagen dunkel, während sie in convergirendem Licht ein Axenbild erkennen lassen. Sie entsprechen also sämtlich den Richtungen der Nebenaxen, und können somit durch ganz normales Wachstum die späteren zusammenhängenden Platten geben, bei denen die Hauptaxe senkrecht zur Oberfläche des Wassers gefunden wird.

Charakteristisch ist der Unterschied zwischen den parallel den Nebenaxen und parallel der Hauptaxe ausgedehnten Stäbchen und Nadeln, dass nur die ersteren gleichorientirte Nebenäste ansetzen und sich verzweigen, während ich dies niemals bei den letzteren fand. Von einer primären parallel der Hauptaxe gebildeten Nadel gingen erst dann Nebenzweige aus, wenn sich ihr entlang eine nach einer Nebenaxe ausgedehnte Leiste angesetzt hatte.

Einschlüsse von Luftbläschen finden sich in beiden Arten von Nadeln; in den parallel der Hauptaxe gebildeten waren sie gewöhnlich in der Axe dieser Stäbchen linear gereiht.

Während das das Wasser bedeckende Eis sich dem BERTIN'schen Gesetz gemäss stellte, so war dagegen die Orientirung der innerhalb des Wassers an den Gefässwänden entstehenden Eisgebilde eine regellose. Nach dem Durchschlagen der Eisdecke und dem Ausgiessen des Wassers fand ich nämlich unabhängig von dem Oberflächen-Eise gebildete Eisstengel, die ihrer ganzen Länge nach auf der Gefässwand festsassen und in den verschiedensten Richtungen gelagert waren. Die Stücke, welche ich von ihnen loszubrechen vermochte, erwiesen sich als der optischen Axe parallel ausgedehnt.

An diesen Nadeln sassen nun noch Eisplättchen, ohne zu den ersteren in krystallographisch gesetzmässiger Lage befindlich zu sein, in wechselnden Richtungen in das Wasser hineinragend. Bei diesen dünnen Plättchen stand die optische Axe senkrecht zu der Ebene ihrer Ausdehnung.

In der bisher geschilderten Weise verlief die Eisbildung, wenn das gefrierende Wasser thunlichst vor Störungen bewahrt wurde. Wirken aber störende Einflüsse auf die Krystallisation, so findet man mehr und mehr unregelmässig begrenzte Individuen,



die eine ganz beliebige und zufällige Orientirung besitzen, in die Eistafel eingestreut. Dieselbe zeigt aber noch an vielen Stellen ein deutliches Axenbild, zum Beweise, dass auch noch gesetzmässig orientirtes Eis vorhanden ist. Zuweilen erhielt ich aber auch rasch gebildete Platten, welche kein Axenbild mehr lieferten und im parallelen Licht durchaus Aggregat-Polarisation aufwiesen, sowohl zu Anfang ihres Entstehens, wie auch nach dem Dickerwerden. Dieses war auch der Fall mit dem See-Eis, welches ich, seit ich auf diesen Gegenstand aufmerksam bin, zu untersuchen Gelegenheit hatte, und fand ich nicht nur weisses, halbdurchsichtiges Eis als unregelmässiges Aggregat, sondern auch vollkommen wasserhelles, welches keinerlei sichtbare Structurflächen darbot. Das weisse körnige Eis erhielt ich auch bei meinen Versuchen stets, wenn es während des Gefrierens schneite. Die in das Wasser fallenden Schneeflocken bewirkten dann eine von vielen Centralpunkten unregelmässig nach allen Richtungen ausgehende gestörte Krystallisation. Ob das im Grossen auf stehenden Gewässern sich bildende klare Eis gewöhnlich dem BERTIN'schen Gesetz folgt, oder ob es häufiger gestörte Krystallisation besitzt, müsste erst eine ausgedehntere Zahl von Beobachtungen entscheiden.

Die zu verschiedenen Zeiten von einer grossen Zahl kleiner Wassertümpel entnommenen Eisscherben zeigten alle ein schönes Interferenzbild. Die die klaren Täfelchen durchsetzenden und leistenartig hervorragenden horizontalen Eisspässe waren dagegen stets nach der Hauptaxe ausgedehnt. Dasselbe fand ich bei den Eisstengeln, welche sich in den Hohlräumen und Vertiefungen gefrierenden schmutzigen Bodens bilden und oft die gegenüberliegenden Wände verbinden.

### 3.

In den Eistafeln, welche unregelmässig gelagerte Individuen einschliessen, zeigt sich, abgesehen von den durch diese verursachten Veränderungen des Interferenzbildes auch in den normal gestellten Partien der Platte zuweilen eine charakteristische Störung des Axenbildes. Das schwarze Kreuz ist in zwei Hyperbeln aufgelöst, deren Scheitel jedoch nicht sehr weit von



einander abstehen. Diese Deformation ist hier ohne Zweifel durch einen auf das betreffende Eis-Individuum seitlich wirkenden Druck zurückzuführen.

Es gelang mir nämlich sehr leicht, an Platten mit normalem Axenbild die Zweiaxigkeit durch einen senkrecht gegen die optische Axe ausgeübten Druck hervorzurufen, und zwar genügte hierzu schon das einfache Drücken der Platte zwischen den Fingern. Liess ich mit dem Druck nach, so entstand sofort wieder das den einaxigen Krystallen zukommende Ringsystem. Wenn die Richtung des Druckes  $45^{\circ}$  mit den Hauptschwingungsrichtungen der Nicols machte, so war der Wechsel des Axenbildes am deutlichsten, indem dann das dunkle Kreuz der normalen Figur in die Hyperbeln auseinanderging, die sich beim Nachlassen des Druckes wieder zu dem Kreuz vereinigten.

Unter der Wirkung des Druckes verwandelte sich die optische Axe des Eises in die Bissectrix, und die Ebene der optischen Axen stellte sich so her, dass ihre Projection auf der Platte in der Richtung der stattfindenden Zusammenpressung lag. Diese Beobachtung stimmt mit der von F. PFAFF<sup>3</sup> mitgetheilten Erfahrung überein, dass allgemein bei der Zusammenpressung einaxiger Krystalle senkrecht gegen die optische Axe „bei allen Krystallen mit positiver Doppelbrechung das Auseinandertreten des Kreuzes in Hyperbeln in der Richtung des Druckes selbst, bei allen negativen Krystallen in der darauf senkrechten Richtung stattfindet“. Das Eis gehört zu den optisch positiven Krystallen.

Auch in der durch Druck zweiaxig gewordenen Platte bleibt die Doppelbrechung positiv. Die Erscheinungen beim Einschieben eines Quarzkeiles nach der DOVE'schen Compensationsmethode schienen mir im vorliegenden Falle zur sicheren Bestimmung nicht hinreichend deutlich, doch folgt der positive Charakter der Bissectrix aus den Erscheinungen bei Anwendung eines Viertelundulations-Glimmerblattes. Schaltet man ein solches in das Polarisations-Instrument in der Lage ein, dass die Axenebene des Glimmers mit den Hauptschwingungsrichtungen der gekreuzten Nicols einen Winkel von  $45^{\circ}$  macht, so stellen sich die beiden schwarzen

<sup>3</sup> Pogg. Ann. 108. p. 598.

Punkte des Interferenzbildes, da das Eis zu den optisch positiven Krystallen gehört, in eine Linie senkrecht zur Projection der Axenebene des Glimmerblättchens, und die isochromatischen Curven rücken in den Quadranten, in denen die Punkte liegen, vom Centrum weg. Drückt man nun die Eisplatte, und zwar so, dass die Druckrichtung mit einer Hauptschwingungsrichtung der Nicols zusammenfällt, so wandern die Curven in den beiden Punktquadranten noch ein wenig weiter nach aussen, während sie in den beiden dazwischen liegenden entsprechend nach der Mitte rücken.

Die Dispersion der gepressten Platte war nicht deutlich wahrzunehmen.

Im parallelen polarisirten Licht werden Eis-Individuen, welche einem Druck unterworfen sind, mehr oder weniger aufgeheilt erscheinen, auch wenn ihre Hauptaxe senkrecht zur Platte steht. Dieser Umstand muss das Aussehen des See-Eises in parallelem Licht beeinflussen, und hierbei einen grösseren Theil von Individuen als unregelmässig orientirt erscheinen lassen, als es vielleicht thatsächlich der Fall ist.

#### 4.

Schliesslich möchte ich übrigens noch daran erinnern, dass wenn man auch weiss, dass durch die ganze Ausdehnung einer Eistafel die optische Axe senkrecht zur gefrierenden Fläche steht, damit noch nicht ihre einheitliche Krystalstructure erwiesen ist, da durch jene Angabe die krystallographische Orientirung des Eises nicht vollständig bestimmt wird. Es ist damit nur die Richtung der krystallographischen Hauptaxe und die Lage der Ebene der Nebenaxen gegeben, noch nicht aber die Richtung der Nebenaxen. In Folge hiervon können wir auch nicht wissen, ob wir durch die ganze Tafel hindurch parallele Molecularstructure anzunehmen haben, ob also dieselbe als ein krystallographisches Individuum aufzufassen sei, oder ob sie aus vielen Individuen zusammengesetzt ist, die bei paralleler Stellung der vertikalen Axe doch um verschiedene und beliebige Winkel horizontal gedreht sind. Die optische Untersuchung kann in diesem Falle nichts entscheiden, da sich ja in den einaxigen Krystallen

alle zur Hauptaxe vertikalen Richtungen optisch gleich verhalten. Krystall- oder Spaltungsflächen, welche die Stellung bestimmen liessen, sind hier nicht vorhanden. In einem solchen Falle würde die Lage von Ätzfiguren die Frage entscheiden können. Nun sind am Eise allerdings keine eigentlichen Ätzfiguren bekannt, doch hat TYNDALL<sup>4</sup> in den Wasserblumen, welche durch ein concentrirtes Strahlenbündel innerhalb des Eises entstehen, ein Analogon der Ätzfiguren aufgefunden, welches die Krystallstructur des Eises eben so gut blosslegt, wie diese es thun würden. Die Ebene der Wasserblumen ist senkrecht zur Hauptaxe; die 6 Arme derselben, die sich unter 60° schneiden, dürfen wir wohl als die Richtungen der Nebenaxen repräsentirend betrachten. Bestände die ganze gefrorene Oberfläche nur aus einem einzigen Individuum, dann müssten die in ihr hervorgebrachten Wassersterne nicht nur hinsichtlich der Ebene ihrer Ausdehnung parallel sein (was thatsächlich der Fall ist), sondern auch hinsichtlich der Richtung ihrer 6 Strahlen. In der von TYNDALL an der angeführten Stelle gegebenen Zeichnung ist das nicht der Fall; die Sterne sind einander nicht parallel, und folglich ist diese Platte auch nicht ein Individuum, sondern ein Aggregat mehrerer Individuen, die zwar ihre Hauptaxen parallel gestellt haben, sonst aber beliebig gegeneinander gedreht sind.

Dass dies letztere der gewöhnliche Fall sein wird, ersieht man auch schon aus der Lage der vor dem gänzlichen Erstarren der Oberfläche gebildeten Nadeln. Obgleich manchmal grössere Strecken der gefrierenden Fläche von einem einheitlichen Gitterwerk überzogen werden und diese Stellen dann zu einem krystallographischen Individuum sich ausbilden können, so ist bei den Eis-Krystalliten doch keineswegs etwa ein Parallelismus entsprechender Richtungen über die ganze Fläche hin zu verfolgen, sondern man sieht verschiedene Krystallite unabhängig voneinander entstehen und bei ihrer Vergrösserung unter zufälligen Winkeln aufeinander stossen. Nachdem sich jeder Krystallit zu einer kompakten Platte, einem geschlossenen Individuum, ergänzt hat, müssen diese dieselben zufälligen Winkel ihrer Nebenaxen miteinander machen, wie die Krystallite. Insofern ist auch die

---

<sup>4</sup> Wärme, deutsche Ausgabe von 1867, p. 140 ff.

bisherige Auffassung der See-Eisplatten als Aggregate mit der Hauptaxe parallel gestellter stenglicher Individuen eine gerechtfertigte. Die Möglichkeit, dass bei besonders langsamem und ungestörtem Verlauf der Krystallisation eine überall parallele Molecularstructur zu Stande komme, ist allerdings vorhanden. Doch ist unter den gewöhnlichen Umständen der Akt des Gefrierens ein verhältnissmässig so rasch verlaufender und an vielen Punkten gleichzeitig beginnender, dass der Fall der Bildung eines einzigen krystallographischen Individuums über die ganze gefrierende Fläche wohl kaum eintreten wird.

Ausser Ätzfiguren würden sich auch die von REUSCH entdeckten Schlagfiguren zur Untersuchung der Krystallstructur eignen. Dieselben sind, meines Wissens, am Eise bis jetzt nicht bekannt. Ich versuchte dieselben darzustellen und erhielt sie beim Schlagen eines Instruments mit stumpfer Spitze auf eine zusammenhängende, einige Millimeter dicke Eisschicht, welche die Oberfläche des in einem Gefäss befindlichen Wassers vollkommen bedeckte. Die Schlagfiguren stellen sich hier als regelmässige sechsstrahlige Sterne dar, deren Arme manchmal über einen Zoll lang sind. Zuweilen entstehen nur drei sich unter  $120^\circ$  treffende Sprünge, häufiger noch fehlen ein oder zwei Arme der Figur. Nicht mit jedem Schlage glückt es, eine deutliche Figur zu erhalten, am wenigsten in der Nähe der Gefässwände, wo meistens verschiedene unregelmässige Sprünge entstehen. Theils rührt dies jedenfalls von den eingeschlossenen, abweichend orientirten Individuen her, theils von der Veränderung in der Richtung der Nebenaxen, theils auch wohl von der Spannung, welcher eine solche in einem Gefässe entstandene Eistafel ohne Zweifel unterworfen ist. Mehr nach der Mitte zu fand ich diese Schlagfiguren auf grössere Strecken einander annähernd parallel gehen, während daneben Theile lagen, in denen sie plötzlich in anderer Richtung verliefen. Doch verhinderte die Grösse und oft mangelnde Präcision der Figuren, dieselben zur genaueren Feststellung der Grenzen der einzelnen Eis-Individuen zu verwerthen.

Nach den angeführten Erscheinungen dürfen wir wohl annehmen, dass wenn auch in den entstehenden Eis-Individuen die Ebene der Nebenaxen durch die Einstellung der Hauptaxe fixirt ist, dieselben doch hinsichtlich ihrer Richtung in jener Ebene an



keine Gesetzmässigkeit gebunden sind. Einer solchen unterliegt nur jene eine Richtung, welche sowohl morphologisch wie physikalisch gegen alle andern ansgezeichnet ist: die Hauptaxe.

## 5.

Bei Gelegenheit dieser Arbeit habe ich auch Schneesterne und Reif optisch untersucht, sowie die leicht geschwungenen Eisblumen gefrorener Fensterscheiben oder angehauchter, stark erkalteter Glasplatten. Im parallelen polarisirten Licht zeigten diese Eisbänder meist einen gleichmässigen Farbenton und eine Auslöschung parallel ihrer Längsausdehnung, welche demnach der Richtung der Hauptaxe entsprach. Dagegen verliefen die Strahlen der Schneesterne ausnahmslos in den Richtungen der Nebenaxen, denn sie blieben bei gekreuzten Nicols in allen Stellungen durchaus dunkel. Sehr zierlicher Reif, der sich bei strenger Kälte aus dick nebliger Luft absetzte, bestand aus rudimentären sechsseitigen Blättchen, die mit Stäbchen verbunden zu verschiedenartigen Theilen sechsstrahliger Sterne sich gruppirten. Dieselben blieben im Mikroskop bei gekreuzten Nicols bei einer ganzen Horizontaldrehung dunkel, repräsentirten also gleichfalls die Ebene der Nebenaxen.

Während des Schmelzens der Schneesterne auf nicht hinreichend abgekühlten Objektträgern zeigten sie die merkwürdige Erscheinung, mit mässiger Geschwindigkeit um ihre Hauptaxe zu rotiren. Derartige Bewegungen sich auflösender schwimmender oder durch die Wirkung der Oberflächenspannung getragener Krystallblättchen wurden zuerst von SCHEFZICK<sup>5</sup> an einigen organischen Säuren beobachtet. Die Seltenheit eines aus reinen Schneesternern bestehenden Schneefalls verhinderte mich bis jetzt, das eigenthümliche Phänomen weiter zu verfolgen. Die Erklärung desselben ist im vorliegenden Falle, wo wir vermöge der Form und des Krystallsystems der Schneesterne nicht an ein ungleichmässiges Abschmelzen der beiden Seiten der Strahlen denken dürfen, mit besonderen Schwierigkeiten verknüpft.

---

<sup>5</sup> Jahrb. der k. k. geologischen Reichsanstalt, 6. Jahrgang, 1855, p. 263.

Auch das fasrige Eis, welches in kalten Nächten bei geeigneter Terrainbeschaffenheit aus feuchtem Boden herauswächst, und Erdschollen und Steine emporhebt, prüfte ich auf seine optische Orientirung. Die Nadeln stehen immer senkrecht zur Bodenfläche, ich vermuthete daher, dass sie alle parallel der Hauptaxe ausgedehnt sein würden. Dies war aber nur bei der Minderzahl wirklich der Fall, die meisten stellten sich als ein Aggregat in ihrer Längsrichtung annähernd paralleler, sich spitz in einander auskeilender Nadelchen mit den verschiedensten Auslöschungsrichtungen dar, so dass ein solcher Eisstengel in parallelem Licht bei gekreuzten Nicols in keiner Stellung ganz dunkel wurde. Damit erledigen sich auch die Vermuthungen, welche Herr G. A. KOCH hinsichtlich der krystallographischen Deutung dieses fasrigen Eises äusserte<sup>6</sup>.

Freiburg i. B., im Januar 1879.

---

<sup>6</sup> Dieses Jahrbuch 1877. p. 459, — nämlich dass diese Stengel parallel einer Nebenaxe verzernte Pyramiden sein könnten.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1879

Band/Volume: [1879](#)

Autor(en)/Author(s): Klocke Friedrich

Artikel/Article: [Ueber die optische Structur des Eises 272-285](#)