VII. *Ueber Eisbildung und Entstehung der
Schründe und Spalten in den Eisdecken
der Süßwasserseen;
von Prof. J. C. Deicke.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus den Verhandlungen der St. Gallischen naturwissenschaftlichen Gesellschaft 1861/62.)

Es giebt viele Phänomene in der Natur, die allgemein bekannt sind, welche wir aber noch nicht genügend erklären können, weil die bedingenden Ursachen noch nicht genau ermittelt sind. Solche Phänomene bietet das Eis in mehrfacher Beziehung.

Dieses tritt wie viele andere Körper, z. B. der Quarz, mit verschiedenem innerem Gefüge auf; im Allgemeinen ist die Textur entweder blättrig oder körnig. Gefriert süßes, unbewegtes Wasser, so schießen von den Wandungen meistens Nadeln aus, an welche sich unter Winkeln von 60° oder 120° wieder Nadeln ansetzen; es entstehen endlich Tafeln, welche die Wasseroberfläche ganz oder theilweise mit einer Eisschicht bedecken. Aehnliche Formen zeigt der Schnee, gefrorne Fensterscheiben u. s. f. Das Gletschereis entsteht meistens aus Schnee; thaut derselbe theilweise auf, so wird der zurückbleibende mit Wasser getränkt, und beim Wiedergefrieren bilden sich Eiskörner. Durch Wiederholung des angedeuteten Processes wachsen die Eiskörner, und aus dem Zusammengefrieren dieses sogenannten Firns wird das Gletschereis gebildet.

Nach Beobachtungen der Gebrüder Schlagintweit erhält das Eis auch ein körniges Gefüge, wenn es bei schnellem Temperaturwechsel entsteht.

Im Meere werden die aufgelösten Salze vor der Eisbildung ausgeschieden; es bildet sich ein Eisschlamm, woraus Scheiben entstehen, die sich durch die Bewegung des Wassers abrunden. Diese Scheiben vergrößern sich bis auf mehrere Quadratklafter zu Treibeistafeln, woraus endlich

die Eisfelder hervorgehen. Im Bodensee habe ich eine ähnliche Eisbildung mit Ausnahme der Treibeistafeln beobachtet. Am 12. November 1858 zeigte sich an dem Ufer bei Steinach Eisschlamm mit runden Scheibchen vermenget; bei dem nicht sehr stark bewegten Wasser wurden die Scheibchen über einander geschoben, und durch Zusammengefrieren bildete sich eine Eisdecke mit rauher Oberfläche. Im Winter 1860/61 beobachtete ich analoge Erscheinungen am Zeller- und Mündelsee im badischen Seekreise. Im Winter 1861/62 gefror dagegen bei ruhigem Wasserstande der Markelfingersee meistens mittelst Anschiefen von Nadeln, und es entstand eine glatte Eisoberfläche.

Nach diesen Erfahrungen entsteht auf Seeflächen bei reinem und nicht bewegtem Wasser das Eis vorzugsweise durch Anschiefen von Nadeln, die von dem Ufer ausgehen. Ist hingegen das Wasser in wellenförmiger Bewegung, oder hat es Salze aufgelöst, die sich vor dem Gefrieren ausscheiden, so entsteht beim Gefrieren zuerst eine schlammartige Eismasse, die Scheiben bildet, woraus gröfsere Eisflächen hervorgehen. Bei ruhigem oder wie in Flüssen bei gleichförmig bewegtem Wasser ohne Wellenschlag bildet sich eine glatte, hingegen bei Wellenbewegung eine raue Oberfläche.

Beim Aufthauen des Eises zerfällt das Gletschereis wieder in Körner, das Fluß-, Meer- und Seeis vorzugsweise in Scheiben. Das Eis nimmt eine blättrige Textur an, wenn der Krystallisationsprozeß gar nicht oder nur theilweise gehemmt wird; wenn hingegen wie bei der Gletschereisbildung die Krystallisationskraft gänzlich gestört wird, so erhält jenes ein körniges Gefüge.

Eine bekannte, aber bisher wenig untersuchte Erscheinung ist das Schründe- und Spaltenreißen des Eises auf gröfsern Seen. Es stehen damit mehrere eigenthümliche Phänomene in enger Beziehung; ich kenne aber keine Schrift, worin dieselben auch nur mit einer entfernt annähernden Vollständigkeit beschrieben wären. Selbst in Gehlers physikalischem Wörterbuche sind sie nicht einmal

flüchtig berührt. In bedeutender Entwicklung können sie nur auf großen Seen beobachtet werden; es giebt aber wenige Winter, in welchen letztere bei uns ganz mit Eis bedeckt werden, und hierin liegt vielleicht der Grund, weshalb bisher über die angedeuteten Phänomene wenige Beobachtungen für wissenschaftliche Zwecke gemacht wurden. Im Winter 1860/61 ist der Untersee vom 6. Januar bis 4. März mit Eis bedeckt gewesen; während 57 Tagen konnte man über dasselbe von Deutschland nach der Schweiz reisen. In diesem Zeitraume habe ich Beobachtungen über das Schründe- und Spaltenreißen gemacht, und viele Erkundigungen bei Fischern und Schiffen, sowie bei den Zollwächtern, die Tage oder Nächte hindurch auf dem Eise zubrachten, eingezo-gen, und werde hier die gesammelten Erfahrungen mittheilen.

Um Wiederholungen zu vermeiden, sollen zuvor die Begriffe von Schründen und Spalten festgestellt werden. Abgesehen von der Unzahl feiner Sprünge im Eise, welche das Irisiren erzeugen, entstehen Risse, die sich auf kurze Strecken, z. B. einige hundert Fufs, oder auf sehr weite Strecken ausdehnen. Im ersten Falle bleiben die Absonderungsflächen in gleicher Höhe ganz nahe bei einander; diese Bildung soll eine Spalte genannt werden. Eine Spalte kann durch die ganze Dicke des Eises oder nur durch einen Theil hindurchgehen. Bei sehr langen Rissen werden die Spaltflächen gleich oder ungleich gehoben; sie entfernen sich entweder mehr oder weniger weit von einander, oder die eine Eisdecke wird über oder in die andere hineingeschoben. Einen solchen Rifs des Eises wollen wir als Schründe bezeichnen. Schründe und Spalten unterscheiden sich ferner noch dadurch, dafs bei einem Schründe sowohl bei ihrer Bildung als späterhin viel Wasser auf die Eisoberfläche gestofsen wird, was bei Spalten nicht immer vorkommt.

Schründe haben beständig eine sehr bedeutende Länge; ich habe sie in einer Ausdehnung von 20,000 bis 30,000 Fufs angetroffen; in ihrem Laufe verfolgen sie meistens die

Längenrichtung der Seen, welches bei Spalten nicht durchgängig der Fall ist. Schründe und Spalten entstehen oft gleichzeitig, doch kommt das Spaltenreißen häufiger als die Bildung der Schründe vor. Eine strenge Scheidewand zwischen beiden Erscheinungen giebt es nicht; denn es finden Uebergänge statt.

Unter Schründen und Spalten sollen aber diejenigen Risse des Eises nicht mit inbegriffen seyn, die am Ufer der Seen durch das Steigen und Fallen des Wassers entstehen. Es ist das nur ein Abbrechen des Eises. Dem Schründe- und Spaltenreißen geht meistens ein Summen und Getöse voraus; das Eis geräth wie bei Erdbeben in eine vibrirende Bewegung, wobei oft ein Sausen hörbar wird, als wenn ein Sturmwind unter dem Eise brauste. In dieses Brausen mischt sich oft ein Krachen wie von einem Pelotonfeuer, das zuweilen mit einem donnerartigen Krachen untermischt wird. Diese verschiedenen Schallerregungen kommen einzeln oder gleichzeitig vor; sie ereignen sich zu jeder Tageszeit, bei heller und trüber Witterung. In kalten Nächten, besonders wenn die Schründe zufrieren, zeigen sich jene am häufigsten und sind meistens vor Mitternacht stärker als nach Mitternacht; ebenso ereignen sie sich häufiger vor Mittag als nach Mittag. Einige Fälle sollen hier noch speciell hervorgehoben werden. Am 1. und 2. Februar 1861 hörte man Morgens zwischen 8 bis 10 Uhr bei häufigem Summen und Sausen zuweilen ein starkes Getöse. Am 3. und besonders am 5. Februar hielt das Sausen, Toben und Krachen sowohl auf dem Zeller- als Markelfinger- und Mündelsee den ganzen Morgen an, und soll während der vorhergehenden Nächte noch heftiger gewesen seyn. In seiner größten Stärke zeigte sich das Phänomen am 28. Januar 1861. Mit geringer Unterbrechung dauerte das Sausen, Krachen und Donnern unter dem Eise fast 12 Stunden; es war Windstille, empfindlich kalt und starker Nebel. Nirgends zeigte sich Wasser auf dem Eise; die Schründe waren zugefroren; erst nach Sprengung der Eisdecke wurde Wasser auf das Eis gestofsen, und hörte

das Getöse allmählich auf. Am 29. Januar hörte man kein Geräusch, aber in der Nähe der gebildeten Schründe und Spalten war das Eis oft auf weite Strecken mit Wasser bedeckt.

Die vibrirende Bewegung des Eises, das Summen und Sausen unter demselben, ist nicht immer mit Schründe- und Spaltenreissen verbunden, doch wird dann häufig in Intervallen Wasser aus den schon vorhandenen Schründen und Spalten gestossen. Diese Phänomene sind keine Folge von eingetretenem Thauwetter, sondern sie entstehen meistens bei *Abnahme* der Temperatur, und immer, wenn die Schründe durch Eis geschlossen sind. Thauwetter trat erst am 24. Februar ein, und am 4. März wurde bei heftigem Sturmwinde die Eisdecke auf dem Untersee gebrochen.

Mit der Schründebildung, welche die Fischer an Untersee Wume, d. h. Wunde des Eises, nennen, stehen noch folgende specielle Phänomene in Verbindung:

In der Nähe der Spaltfläche wird das Eis zuerst stark aufwärts gekrümmt; es bildet sich hierauf eine sehr stumpfe Kante, in deren Scheitel das Eis auseinanderspaltet. Die Spalte bleibt entweder aufgeklafft, oder die Eisdecken legen sich mit den Spaltflächen übereinander, oder die eine Spaltfläche dringt in das Eis der andern keilförmig ein. Bei jeder Schründebildung wird Wasser auf das Eis gestossen, welches sich in Intervallen oftmals wiederholt. Die Fischer nennen das Wasserausstoßen das Bluten des Eises, und sprechen daher von Wume, d. h. Wunde und Bluten des Eises.

Schründe und Spalten werden häufig, besonders zur Nachtzeit, geschlossen, aber nach kurzer Zeit entweder wieder geöffnet, oder es werden neue gebildet. Die Schiffer, welche Gelegenheit haben diese Erscheinung häufig zu beobachten, behaupten, daß aus einer wieder aufgerissenen Schründe mehr Wasser als aus einer neuen ausgestossen werde, sie wenden darauf das alte Sprichwort an: „eine aufgerissene Wunde blutet stärker als eine neue“.

Die Anzahl der Schründe ist nicht bedeutend. Der

Zellersee zwischen Radolfzell und Itznang ist ungefähr 8000 Fufs breit; durchgängig sind gleichzeitig zwei, höchstens drei Schründe offen gewesen, die in der Nähe von Moos zusammengestoßen sind. Die Schründe zogen sich längs dem See in einer Entfernung von 800 bis 1000 Fufs von dem Rande der Ufer hin. — Zwischen Allensbach und der Insel Reichenau hat der Markelfinger See ungefähr die gleiche Breite; es sind gleichzeitig immer nur zwei Schründe offen gewesen, von denen derjenige auf der Seite nach Allensbach eine starke Krümmung hatte und theilweise mitten durch den See ging. Der untere Theil des Markelfinger Sees hat eine geringe Tiefe und Breite, er zeigte keine Schründe, sondern nur Spalten, denen zuweilen Wasser entquoll. — Der Mündelsee mit einem Flächenraum von 275 Juchart und höchstens 40 Fufs Tiefe hatte ebenfalls nur ausgedehnte Spalten, aber keine Schründe. Eine Spalte zog sich nach der Länge, eine andere nach der Breite des Sees.

Am 31. Januar 1861 fuhr ich im Schlitten über das Eis von Radolfzell nach Ermatingen im Kanton Thurgau, was eine Entfernung von 40000 bis 50000 Fufs ist. Ich kam über neun Schründe, wovon nur eine den See durchschnitt. Der südlichste Schrund zwischen Gaienhofen und Ermatingen hatte die weiteste Oeffnung, an einigen Stellen 14 Fufs; theilweise war das Eis umgebogen und bis auf eine Höhe von 5 Fufs aufgerichtet. Auffallender Weise zeigten sich auf der Schweizerseite bei Steckborn, Mannenbach und Ermatingen, wo das Wasser des Rheins einen starken Abfluß von Osten nach Westen hat, keine Schründe. Zwischen Ermatingen und Constanz ist der Rhein den ganzen Winter nicht überfrozen gewesen; die Gränze des Eises war fast eine gerade Linie, die sich von Ermatingen nach der Insel Reichenau zog.

Die Erscheinungen bei der Schründe- und Spaltenbildung sind mannichfacher Art und lassen sich schwerlich auf eine Grundursache zurückführen. Drei Kräfte können dabei thätig seyn:

1) Temperaturunterschiede der Atmosphäre, wodurch das Eis ausgedehnt oder zusammengezogen wird.

2) Wenn das Wasser an irgend einem Orte durch eine starke mechanische Kraft afficirt wird, so pflanzt sich die Wirkung sehr schnell durch die ganze Wassermasse fort. Schwillt z. B. der Rhein an, und ergießt sich plötzlich bei Rheineck eine große Menge Wasser in den Bodensee, so pflanzt sich dieser Strom so schnell fort, daß schon nach einigen Minuten bei Constanz, selbst bei Stein am Rhein, das Wasser eine oscillirende Bewegung annimmt.

3) Angehäufte, comprimirt Luft unter dem Eise, die einen Ausweg sucht.

Die Fischer am Untersee geben als Ursache der angeführten Erscheinungen Spannung des Eises und Luftströmung unter dem Eise an. In Bezug auf den letztern Punkt behaupten jene, daß eine Verbindung des Wassers mit der Luft nothwendig sey, und daß das Wasser so gut wie ein organischer Körper mit Luft gespeist werden müsse.

Die Sprengung des Eises, mögen Spalten oder Schründe gebildet werden, ist ohne Zweifel eine Folge der Spannung des Eises, und da die Schründe oft ohne Unterbruch eine Länge von 20000 bis 30000 Fufs haben, so muß sich diese Spannung auf sehr große Strecken ausdehnen. Die nähern Ursachen können Temperaturwechsel und mechanische Kräfte, hervorgerufen durch comprimirt Luft und Wellenbewegung des Wassers unter dem Eise seyn. Außere mechanische Kräfte können, wie oben angegeben ist, ausgedehnte vibrirende Bewegungen des Wassers hervorbringen, doch werden sie höchst wahrscheinlich bei Windstille, bei bedeutender Kälte, und wenn, wie im Winter, der See nur einen sehr geringen Zufluß erhält, nur eine höchst untergeordnete Rolle bei diesen Phänomenen spielen. Die Hauptmotoren sind Temperaturwechsel und comprimirt Luft unter dem Eise, letztere ist gewiß fast alleinige Ursache von dem Wogen des Eises, dem Sausen unter demselben und dem Ausstoßen des Wassers auf die Eisoberfläche.

Zuweilen sind die Spaltflächen der Schründe mehrere

Fufs voneinander entfernt, ohne aufgerichtet zu seyn; weit- aus häufiger kommt es aber vor, dafs sich die Eismassen übereinandergeschoben, oder mit verschiedenen Biegungen aufgerichtet haben. Letztere Erscheinung erinnert oft an gehobene Sedimentschichten der Erde. Bei dem Uebereinanderschieben der Eismassen kommt durchgängig die gröfsere, d. h. breitere Eismasse, über die kleinere, d. h. schmä- lere, zu liegen. Auf dem Zellersee zwischen Radolfzell und Itznang zeigten sich meistens gleichzeitig zwei Schründe in einer Entfernung von 5000 bis 6000 Fufs. Bei beiden lag die mittlere Eismasse von 5000 bis 6000 Fufs Breite auf den Eismassen an den Ufern, die nur 800 bis 1000 Fufs Breite hatten. Hiernach sollte sich das Eis nach der Schründe- bildung nicht zusammengezogen, sondern ausgedehnt haben.

Die Flächenausdehnung des Eises, selbst bei Abnahme der Temperatur, liegt wirklich in dem Bereiche der Mög- lichkeit, und läfst sich auf mehrfache Weise erklären.

1) Das starke Irisiren des Eises deutet auf eine Unzahl feiner Risse hin. Dringt Wasser in diese Risse und ge- friert, so muß sich das Eis vermöge seiner Streckbarkeit horizontal ausdehnen, was das Aufrichten, Uebereinander- schieben u. s. f. des Eises bei der Schründe- bildung zur Folge haben kann. Agassiz hat diese Ursache der Gletscherbe- wegung zu Grunde gelegt.

2) Das Eis ist dehnbar und biegsam, kann besonders bei grofser Flächenausdehnung verschiedene Formen, und durch Streckung ungleiche Räume einnehmen. Befindet sich unter dem Eise Luft, so wird dieselbe vermöge- des starken äufseren Druckes einen Gegendruck auf das Eis ausüben, wodurch Formveränderung und Streckung des Eises erzeugt werden kann. Entweicht die Luft unter dem Eise aus den gebildeten Schründen, so nimmt das Eis eine mehr horizontale Fläche an, wodurch eine scheinbare Vergröfserung der Oberfläche, und ein Uebereinanderschieben der Eisdecken erfolgen muß.

Das Schründe- und Spaltenreißen ist, wie bereits mehr- fach erwähnt, immer mit Geräusch verbunden, das Summen,

Sausen und Brausen ereignet sich auch *nach* der Bildung der Schründe und Spalten, welches aber immer ein Bluten des Eises, d. h. Ausstofsen von Wasser, nach sich zieht.

Das Wasser enthält ein sehr großes Quantum atmosphärische Luft, welche zum Bestehen einer Unzahl von Thieren unumgänglich nöthig ist. Die Ansicht der Fischer, daß das Wasser wie jeder lebende Körper mit atmosphärischer Luft in Verbindung stehe und beständig mit respirabler Luft gespeist werden müsse, hat seinen Grund in dem Athmungsprocesse der im Wasser lebenden Thiere. Die enorme Menge derselben in den Seen verbraucht zum Einathmen ein sehr großes Quantum atmosphärischer Luft, was ein Ausathmen irrespirabler Luftarten, wie Kohlensäure und Stickstoff, zur Folge hat. Das Wasser nimmt die sich beständig erneuernden irrespirablen Luftarten nicht auf, die Eisdecke verhindert das Entweichen derselben, sie müssen sich unter dem Eise ansammeln und können die Vibration des Eises, das Summen, Sausen und Brausen erzeugen.

Im Rhein bei Ermatingen, Mannenbach, Steckborn hat das Wasser einen starken Abfluß; das Einsaugen von atmosphärischer Luft und Abführen der irrespirablen Luftarten wird dadurch theilweise geregelt, deshalb kommen daselbst keine Schründe im Eise vor. Die Schiffer machen aber dennoch Oeffnungen in das Eis, und behaupten, es sey nothwendig für das Fortkommen der Fische.

Das Zerreißen des Eises auf kurze oder weite Strecken, das Aufrichten, das Ueber- und Ineinanderschieben der Eisdecken, die wellenförmige Bewegung des Eises, das Ausstofsen des Wassers aus den Schründen und Spalten, und die gleichzeitigen Erscheinungen, die unsern Gehörsinn affiziren, stehen sicherlich in einem engen Zusammenhange, und sind durch bloßen Temperaturwechsel nur sehr gezwungen zu erklären. Nehmen wir aber den Druck irrespirabler Luft unter dem Eise noch zu Hülfe, wozu sich dann noch wellenförmige Bewegung des Wassers gesellt, so ist eine ungezwungene Erklärung dieser Erscheinungen möglich.

Der Athmungsprocess der lebenden Wesen im Wasser ist an den Kreislauf des Ein- und Ausathmens von Luft nothwendig gebunden. Eine geschlossene Eisdecke würde diesem Processe ein unwiderstehliches Hinderniß entgegensetzen. Durch die Bildung der Spalten und Schründe in der Eismasse wird die Verbindung der äufsern Atmosphäre mit dem Wasser wieder hergestellt. Jene sind daher sicherlich kein zufälliges, nutzloses Ereigniß, sondern sie sind für das Bestehen der im Wasser lebenden Wesen durchaus nothwendig. Die oben angegebene Ansicht der Fischer, dafs das Wasser so gut wie jeder lebende Körper mit der Atmosphäre in Verbindung stehen und damit gespeist werden müsse, und dafs die Luft an dem Spalten- und Schründereifsen Antheil habe, stützt sich sicherlich auf Erfahrungen, die sich durch Ueberlieferungen fortgepflanzt haben und immer von Neuem bestätigt wurden.

VIII. *Ueber die Verdichtung von Dämpfen an der Oberfläche fester Körper;
von G. Magnus.*

Bei einer früheren Gelegenheit ¹⁾ habe ich die Beobachtung gemacht, dafs eine Thermosäule sich erwärmt, wenn feuchte Luft zu ihr gelangt, welche dieselbe Temperatur wie sie hat, und dafs sie erkaltet, wenn trockene Luft von der gleichen Temperatur über sie hingeht. Diese Erscheinung läfst sich, soweit ich zu übersehen vermag, nur durch die Annahme erklären, dafs die Oberfläche der Säule die Wasserdämpfe aus der Luft verdichtet und sich durch die frei werdende latente Wärme erwärmt, und dafs die trockne Luft diese Wasserdämpfe wieder von der Oberfläche der

1) Pogg. Ann. CXVIII, 575.