

des Lichtstromes überein, wenn wir die Richtung dieses letztern wie oben bestimmen. Leiten wir endlich noch mit den beiden Händen den Draht, welcher die Kette schließt, zwischen den beiden auf die Polflächen gelegten Halbanker hindurch oder oberhalb oder unterhalb der Stelle der größten magnetischen Wirkung aequatorial vorbei, so fühlen wir, daß der Draht je nach der Richtung des Stromes und der Art der Polarität, die wir hervorrufen, entweder stark nach unten herabgezogen oder nach oben getrieben wird, und beides tritt ein wie beim leuchtenden Inductionsstrom, wenn wir auch hier wieder die Richtung desselben so annehmen, daß die Wärme-Elektrode mit der magnetischen Lichtatmosphäre die negative Elektrode ist.

Bonn den 25. Januar 1858.

XII. Ueber einige physische Eigenschaften des Eises; von John Tyndall,

Mitglied der Königl. Gesellschaft in London.

(Gelesen am 17. Dec. 1857 vor der K. Gesellschaft und mitgetheilt vom
Hrn. Verfasser.)

In diesem Aufsatz werden unter anderen folgende Punkte betrachtet:

- 1) Die Wirkungen der strahlenden Wärme auf das Eis;
- 2) Die Wirkungen der geleiteten Wärme auf das Eis;
- 3) Die Luft- und Wasserhöhlungen des Eises;
- 4) Die Wirkungen des Drucks auf das Eis.

Zu den Versuchen mit strahlender Wärme wurden Eisstücke aus dem Wenham Lake und aus Norwegen angewandt. Ein Bündel Sonnenstrahlen, verdichtet durch eine biconvexe Linse, wurde durch dieselben geleitet. So wie das Bündel in die durchsichtige Masse eintrat, wurde die Bahn desselben sogleich gesprenkelt durch kleine helle, wie

Luftblasen scheinende Flecke. Ringsum dieselben bildete sich eine Figur, gestaltet wie eine sechsblättrige Blume. Die Blumenblätter waren offenbar flüssiges Wasser. Als man das Bündel nach einander durch verschiedene Portionen des Eises leitete, konnte das plötzliche Auftreten der Sterne und die Bildung der Blumen um dieselben deutlich durch eine gewöhnliche Lupe beobachtet werden.

Um zu ermitteln, ob die glänzenden Flecke in der Mitte der Blumen Luft enthielten oder nicht, wurden Portionen des Eises, in welchen dieselben enthalten waren, allmählich in warmem Wasser geschmolzen. Im Moment stellte sich zwischen den Höhlungen und der Atmosphäre eine flüssige Verbindung her, *die Blasen fielen zusammen*, und keine Spur von Luft stieg zur Oberfläche des Wassers empor. Die Bildung jeder flüssigen Blume ist demnach begleitet von der Bildung eines Vacuums in ihrer Mitte.

Die vollkommene Symmetrie dieser Blumen erlaubt zugleich den Schluss, daß das Eis ein einaxiger Krystall ist und daß die Linie lothrecht auf den Ebenen, in welchen die Blumen gebildet werden, die optische Axe desselben ist.

Lange Zeit fand sich während der Untersuchung, daß die Blumen gebildet waren in Ebenen parallel der des Gefrierens, allein späterhin wurden einige scheinbare Ausnahmen von dieser Regel bemerkt, die in den Aufsatz beschrieben werden.

In einigen scheinbar homogenen Eismassen waren die Blumen auf der Bahn des Bündels in Ebenen gebildet, welche in einigen Fällen einen Viertelzoll von einander lagen. Diefs beweist, daß innere Portionen einer Eismasse durch eben die strahlende Wärme geschmolzen werden können, welche andere Portionen ohne deren Schmelzung durchdrungen hat.

In einem zweiten Abschnitt des Aufsatzes beschreibt der Verfasser das allmähliche Flüssigwerden von Eismassen durch Bildung von Wasserscheiben in denselben, und aus diesen Beobachtungen schließt er, daß der Schmelzpunkt des Eises nach beiden Seiten des normalen Punktes hin innerhalb klei-

ner Gränzen schwankt, dafs durch Schwäche des krystallinischen Gefüges oder durch irgend sonst eine Ursache einige Portionen einer Eismasse bei einer etwas unter 32° F. liegenden Temperatur schmelzen, während andere, von festem Gefüge, dazu eine etwas höhere Temperatur als 32° F. erfordern. Daraus folgt dann, dafs eine solche Eismasse, auf die Temperatur 32° F. gebracht, an einigen Stellen flüssig, an anderen starr seyn wird.

Im dritten Abschnitte werden die im Eise beobachteten Luft- und Wasserhöhlungen untersucht. Der Verfasser beobachtete dieselben im Landsee-Eise, und sie sind offenbar von demselben Character wie die, welche Hr. Agassiz, die HH. Schlagintweit und Hr. Huxley als im Gletscher-Eise vorkommend beschrieben. Hr. Agassiz und die HH. Schlagintweit machen die Hypothese, dafs die Luftblasen, die von dem Eise, als einem diathermanen Körper, durchgelassene Wärme absorbiren, und dafs somit das die Blasen umgebende Eis von der absorbirten Wärme geschmolzen werde; während Hr. Huxley annimmt, dafs das Wasser in der Höhlung niemals gefroren gewesen ist, sondern seinen flüssigen Zustand von dem Firn herunter bewahrt hat. Der Verfasser zeigt, dafs die von ihm untersuchten Wasser-Höhlungen durch das Schmelzen des Eises gebildet worden sind.

Allein die Hypothese des Hrn. Agassiz und der HH. Schlagintweit, welche allgemeine Aufnahme gefunden hat, führt zu nachstehenden Folgerungen: Die specifische Wärme des Wassers und die der Luft in Rechnung ziehend, zeigt der Verfasser, dafs eine Luftblase, um ihr eigenes Volum an Wasser um 1° F. in der Temperatur zu erhöhen, 3080 Grad verlieren müsse.

Die latente Wärme des Wassers in Rechnung nehmend, zeigt er, dafs eine Luftblase, damit sie ihr eigenes Volum an Eis schmelze, $3080 \times 142,6$ oder 439208 Fahrenheitsche Grade Temperatur abgeben müsse. Nun giebt Hr. Agassiz an, dafs wenn ein Blasen enthaltendes Eisstück der Sonne ausgesetzt wird, das gebildete Wasser bald die Luft an Volum übertreffe. Folglich würde, wenn diese Hypothese

richtig ist, die von der Luft in der kurzen Zeit einer Beobachtung absorbirte Wärmemenge, falls sie dem Eise nicht mitgetheilt worden wäre, hinreichend seyn, um die Luftblase in eine Temperatur zu versetzen, die 160 Mal höher wäre als die des schmelzenden Gufseisens. Wenn die Luft dieses ungeheure Absorptionsvermögen besäße, so würden die oberen Schichten der Atmosphäre wirklich alle Wärmestrahlung auffangen. Der Verfasser schließt ferner aus den Versuchen von Delaroche und Melloni, daß die Wärmemenge, welche von einer Luftblase an der Erdoberfläche absorbirt wird, nachdem die Wärme durch unsere Atmosphäre gegangen und von ihr abgesiebt worden ist, durchaus un wahrnehmbar ist. Dieser Schluss wird noch verstärkt, wenn die Absorption durch das Eis, im vorliegenden Fall, der Absorption durch die Atmosphäre hinzugefügt wird.

Die Wärme als eine Art Bewegung betrachtend, zeigt der Verfasser, daß die Molecüle an der Oberfläche der Eismasse die Freiheit der Liquidität eher erlangen als die Molecüle im Innern derselben. Im Innern der Masse wird jedes Molecül durch die Wirkung der umgebenden Molecüle in seiner Bewegung beengt (*controlled*). Wenn aber im Innern der Masse eine Höhlung vorhanden ist, so befinden sich die die Höhlung umgebenden Molecüle in einem ähnlichen mechanischen Zustand wie die an der Oberfläche, und sie werden befreit durch einen Betrag von Bewegung, welcher durch das Eis ohne Schaden für seine Solidität fortgepflanzt ist. Die Vorstellung wird unterstützt, wenn wir an die Fortpflanzung der Bewegung durch eine Reihe elastischer Kugeln denken, bei welcher die letzte Kugel abfliegt, während die übrigen keine sichtbare Trennung erfahren.

Der Verfasser zeigt durch Versuche, daß die inneren Portionen einer Eismasse liquificirt werden können durch eine Wärmemenge, welche von den äußeren Portionen, ohne zu schmelzen, *geleitet* worden ist.

Hierauf wird der umgekehrte Fall betrachtet. Wenn man zwei Eisstücke mit feuchten Oberflächen bei 32° F. in Berührung bringt, so werden dadurch oberflächliche Portio-

nen wirklich in das Innere versetzt, und da sich zwischen der Bewegung der dünnen Feuchtigkeitsschicht und der der starren Masse zu beiden Seiten derselben bald Gleichgewicht einstellt, so ist die Folge, wie gezeigt wird, daß die Schicht gefriert und die beiden Eisstücke mit einander verkitten. Der vierte Abschnitt des Aufsatzes ist diesen Betrachtungen und ihren Folgerungen gewidmet.

Im fünften Abschnitt wird eine Reihe Beobachtungen über das Wärmeleitungs-Vermögen des Eises mitgetheilt.

Im sechsten Abschnitt wird der Einfluß des Drucks auf das Eis untersucht. Ein Eiscylinder wurde zwischen zwei Stücke Buchsbaumholz gebracht und einem allmählich gesteigerten Drucke ausgesetzt. Winkelrecht gegen die Axe hindurch gesehen, gewahrte man wolkige Linien, die sich quer durch den Cylinder hinzogen. Schief hindurch gesehen, erwiesen sich diese Linien als Durchschnitte dünner Flächen, welche den Cylinder durchsetzten und ihm das Ansehen eines Gypskrystalles gaben, dessen Spaltungsflächen außer optischem Contact gesetzt waren.

Diese Flächen sind nicht Luftplatten, denn sie bilden sich, wenn das comprimirte Eis unter Wasser gehalten wird. Sie beginnen auch zuweilen in der Mitte der Masse und breiten sich allmählich nach allen Seiten aus, bis sie endlich den ganzen Querschnitt des Cylinders einnehmen. Ein Hohlspiegel wurde so aufgestellt, daß er das gemeine Tageslicht auf den Cylinder warf, während dieser unter dem Drucke war. Die durch die Compression erzeugten trüben Flächen zeigten sich, bei Betrachtung durch eine Lupe, im Zustande einer intensiven Bewegung (*commotion*), welche, so wie sie durch das Solidum vorrückte, dem Rande der Oberfläche dicht folgte. Endlich ergab sich, daß diese Flächen herrührten von dem Flüssigwerden des Eises an Orten winkelrecht gegen den Druck.

Die Flächen bilden sich immer mit großer Leichtigkeit parallel den Ebenen, in welchen die schon beschriebenen flüssigen Blumen durch strahlende Wärme hervorgerufen werden, während es ungemein schwierig ist, sie in darauf

winkelrechten Ebenen zu erhalten. So zeigen also die Versuche, wir mögen Wärme oder Druck anwenden, daß Landsee-Eis in gewissen Richtungen mit besonderer Leichtigkeit schmilzt.

In einer Note verweist der Verfasser auf den ungewöhnlichen Einfluß, welchen der Wasserstoff auf die Wärmewellen und auf die längeren Lichtwellen auszuüben scheint. Wo nur dieses Element in eine Verbindung eintritt, verräth es sich durch seine Feindseligkeit gegen den Durchgang längerer Undulationen. Betrachtet man Melloni's Liste diathermaner starrer Substanzen, so sieht man, daß diejenigen, welche das schwächste Transmissions-Vermögen besitzen, sämmtlich Wasserstoff enthalten, und daß das *Eis* unter den bis jetzt untersuchten Körpern der am meisten nicht-diathermane ist. In keinem Fall, wo dieses Element zugegen ist, vermag eine Substanz Strahlen aus Quellen von 400° C. durch zu lassen, wogegen sie allemal, wenn sie keinen Wasserstoff enthält, die Fähigkeit besitzt, Strahlen aus dieser Quelle in größerem oder geringerem Grade den Durchgang zu gestatten. Dasselbe erhellt aus Melloni's Tafel von diathermanen Flüssigkeiten. Wo Wasserstoff in die Liste eintritt, sinkt das Transmissions-Vermögen plötzlich; destillirtes Wasser ist der stärkste nicht diathermane Körper in der Liste. Der Verfasser leitet überdieß die Verschiedenheit in Sir W. Herschel's und Seebeck's Resultate, über den Ort des Wärme-Maximums im Sonnenspectrum von der Wirkung des Wasserstoffs ab.
