Werk

Label: ReviewSingle

Ort: Braunschweig

Jahr: 1906

PURL: https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?385489110_0021|LOG_0091

Kontakt/Contact

Digizeitschriften e.V.
SUB Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen

info@digizeitschriften.de

Naturwissenschaftliche Rundschau.

Wöchentliche Berichte

über die

Fortschritte auf dem Gesamtgebiete der Naturwissenschaften.

XXI. Jahrg. 1. März 1906. Nr. 9.

G. Quincke: Über Eisbildung und Gletscherkorn. (Proceedings of the Royal Society 1905, Ser. A, vol. **76**, p. 431—439. Annalen der Physik 1905, F. 4, Bd. **18**, S. 1—80.)

Während Herr Quincke der Royal Society nur eine Zusammenstellung der Ergebnisse, die er durch Versuche über Eisbildung und künstliches Eis und durch Beobachtungen am natürlichen Eise erhalten, vorlegte, hat er diese Versuche selbst in einer ausführlichen Abhandlung in den Annalen der Physik veröffentlicht. Seiner englischen Publikation schickt der Verf. eine Reihe von Definitionen der von ihm verwendeten Bezeichnungen voraus, mit welchen er die deutschen Physiker bereits in seinen Arbeiten der letzten Jahre bekannt gemacht hat. Es wird sich aber empfehlen, auch hier diese Definitionen einleitend wiederzugeben.

Unter einer „ölartigen" Flüssigkeit wird eine solche verstanden, welche an der Grenze mit anderen Flüssigkeiten, mit denen sie in Berührung ist, eine Oberflächenspannung zeigt. Nach dieser Definition wird eine Lösung irgend eines Salzes im Vergleich zu reinem Wasser oder zu einer schwächeren Lösung unter bestimmten Umständen eine ölartige Flüssigkeit genannt werden. Eine „Emulsion" ist eine wässerige Flüssigkeit, die Tropfen einer ölartigen Flüssigkeit oder beliebige Tropfen, die in eine ölartige Haut eingeschlossen sind, suspendiert enthält. Diese Tropfen können in größere zusammenfließen, oder die ölartigen Häute verbinden sich mit einander und bilden eine kontinuierliche Masse von Blasen oder Schaum. Somit besteht der „Schaum" aus Teilen der wässerigen Flüssigkeit, die durch sie umschließende Wände ölartiger Flüssigkeit von einander getrennt sind. Jeder so eingeschlossene Raum heißt „Schaumzelle" und die einschließende Wand „Schaumwand". Wenn die Schaumzellen sehr klein sind und die flüssigen Schaumwände sehr dünn (oder unsichtbar), dann ist das Ganze eine flüssige „Gallerte". Die Gallerte ist steif, der Schaum steif oder fest, wenn die Wände oder der Inhalt der Schaumzellen, oder beide fest geworden sind. „Nahezu rein", auf Wasser oder Eis angewandt, bedeutet im besonderen „nur sehr geringe Mengen irgend eines Salzes enthaltend". Salz wird durchgängig in dem allgemeinen chemischen Sinne gebraucht, d. i. nicht auf Natriumchlorid beschränkt.

„Ich ließ reines oder salzhaltiges Wasser im Dunkeln verschieden schnell frieren und langsam im Dunkeln, an freier Luft, oder im Sonnenlicht abschmelzen. Die verwendeten Eisprismen waren 1 bis 1000 mm dick, und während des Auftauens wurden ihre verschiedenen Schichten systematisch — zuweilen tagelang — mit bloßem Auge, mit dem Mikroskop und mit polarisiertem Licht untersucht. Es zeigten sich dieselben Erscheinungen in ähnlicher Reihenfolge wie die, welche ich vor 37 Jahren untersucht und beschrieben habe in Lösungen von Kieselsäure, Leim oder anderen Kolloiden, wenn sie zu Gallerten oder dünnen Lamellen eintrocknen und Sprünge bilden. Ich habe gezeigt, daß dünne, klebrige, ölartige Lamellen von einer konzentrierten Lösung in einer weniger konzentrierten Lösung derselben Substanz existieren und Falten, gerade oder gewundene Röhren, Zylinder oder Kegel, Kugeln oder Blasen, offene oder geschlossene Schaumkammern mit sichtbaren oder unsichtbaren Schaumwänden bilden. Dünne feste Lamellen verhalten sich wie dünne Lamellen von sehr klebriger Flüssigkeit. Ob die ölartigen Lamellen Röhren, oder ob sie Blasen und an einander hängende Schaumkammern bilden, hängt von der Klebrigkeit der ölartigen Flüssigkeit ab. Die gegenseitige Neigung der Schaumwände und ihre Oberflächenspannungen ändern sich stetig mit der Konzentration der ölartigen Flüssigkeit und können auch bei unsichtbaren Schaumwänden von der Dicke der ölartigen Lamelle abhängen. Wenn die ölartige Lamelle sehr dünn ist, nimmt ihre Oberflächenspannung ab mit der Dicke der Lamelle. An feste Oberflächen setzen sich die Schaumwände normal an. Stoßen an einer gemeinsamen Kante drei ölartige Schaumwände unter gleichen Winkeln von 120° zusammen, so haben sie gleiche Oberflächenspannungen. Die Schaumzellen einer flüssigen Gallerte, die von Wasser umgeben ist, können ihre Volumen vergrößern oder verkleinern, indem Wasser durch die Schaumwand nach innen oder außen diffundiert, d. h. die flüssige Gallerte kann aufquellen oder schrumpfen. Eine flüssige Gallerte wird vorübergehend positiv oder negativ doppeltbrechend, wenn die zähflüssigen Wände oder der zähflüssige Inhalt der Schaumkammern gedehnt oder komprimiert werden. Gallerte bleibt dauernd doppeltbrechend, wenn Wände oder Inhalt der Schaumkammern in dilatiertem Zustande erstarren.

Eis ist eine flüssige Gallerte mit Schaumwänden aus flüssiger, ölartiger, wasserarmer Salzlösung, welche Schaumkammern mit zähflüssigem, doppelt-

brechendem, reinem oder salzarmem Wasser umschließen.

Je mehr die Temperatur unter 0° sinkt, um so größer ist die Klebrigkeit der beiden Flüssigkeiten in den Wänden und im Innern der Schaumkammern, um so geringer die Plastizität des Eises. Bei sehr niedriger Temperatur bricht das Eis mit muscheligem Bruch an den kugelförmigen, unsichtbaren Schaumwänden, die sich bei der Abkühlung anders zusammengezogen haben als der Inhalt der Schaumkammern.

Die Gletscherkörner sind Schaumkammern mit reinem oder salzarmem Eis gefüllt und durch sichtbare oder unsichtbare Schaumwände aus ölartiger Flüssigkeit von einander getrennt.

Das Zusammenfließen zweier Eisstücke unter Wasser, die „Regelation", und die Vergrößerung des Gletscherkornes mit Annäherung an das untere Gletscherende entsprechen dem Zusammenfließen zweier Gallertbrocken von Kieselsäure, Leim oder Leimtannat mit flüssigen Schaumwänden und flüssigem Inhalt der Schaumkammern und dem Platzen einzelner Schaumwände. Dabei werden die ölartigen Schaumwände zwischen den Gletscherkörnern durch die Flüssigkeit der geplatzten Wände dicker und durch Abfließen der flüssigen Salzlösung am Fuße des Gletschers wieder dünner.

Alles Wasser, selbst das reinste, enthält noch Spuren Salz. Beim Abkühlen des Wassers scheiden sich Eiskristalle und ölartige Mutterlauge in kurzen Zwischenräumen oder periodisch ab. Unter dem Einfluß der Oberflächenspannung bildet die ölartige Salzlösung unsichtbare Schaumwände, deren Oberflächenspannung mit der Dicke der Schaumwand und der Konzentration der Salzlösung abnimmt. Bei weiterer Abkühlung wird die Salzlösung immer konzentrierter, die Schaumwand dünner. Schließlich erstarrt auch die konzentrierte Salzlösung zu Eis und festem Salz. Die Größe der Oberflächenspannung bestimmt die Winkel, unter welchen drei Schaumwände zusammenstoßen. Ist der Neigungswinkel zweier Schaumwände 120°, so haben die drei Schaumwände gleiche Oberflächenspannung; ist er 90°, so haben sich flüssige Schaumwände an alte, schon erstarrte Schaumwände angesetzt.

Beim Gefrieren von lufthaltigem Wasser scheidet sich die Luft, wie die im Wasser gelösten Salze, in kurzen Zwischenräumen oder periodisch aus. Die weißen Stellen des Eises mit den Luftblasen sind auch die salzreichsten.

Bei der Abkühlung von luftfreiem, salzhaltigem Wasser entstehen durch periodische Abscheidung von Eis und Salz Eisschichten mit verschiedenem Salzgehalt im Seeeis, im künstlichen Eis, im Gletschereis. Durch Druck oder durch Wärmestrahlung der Sonne, des elektrischen Lichtes oder des Tageslichtes schmelzen die salzhaltigen Stellen des Eises eher als das reine Eis.

Es entstehen im Sonnenlicht oder elektrischen Licht Furchen an den salzreichen Stellen der Oberfläche im Seeeis, im künstlichen Eis oder im Gletschereis (Forelsche Streifen, Schmutzbänder von Forbes, Schaumwände der großen Schaumkammern des Kjendalgletschers).

Die durch Druck oder Sonnenschein in Seeeis, künstlichem Eis oder Gletschereis gebildete Salzlösung läßt an den von ihr erfüllten Hohlräumen die Formen erkennen, welche die Grenze der ölartigen Salzlösung und des Wassers kurz vor dem Erfrieren des Wassers unter dem Einfluß der Oberflächenspannung angenommen hatte. Beim Schmelzen kontrahiert sich das Eis. So entstehen im Seeeis durch Druck oder Absorption von Wärmestrahlung in horizontalen Schichten, parallel der erkalteten Oberfläche, die Tyndallschen Schmelzungsfiguren, leere Blasen, Eisblumen und „Tannenbäume" mit Astwinkeln von 120° und 90°, wie man sie beim Eintrocknen von Kolloidlösungen oder bei der Kristallisation wässeriger Lösungen erhält. Bei künstlichem Eis, das in hohen prismatischen Trögen gefroren ist, enstehen diese Schmelzfiguren in den diagonalen und medianen Ebenen des Eisblockes, welche zuletzt erstarrten und wo sich die Mutterlauge angesammelt hatte.

Seeeis und künstliches Eis zerfallen im Sonnenlicht in kleine, sechseckige Säulchen von klarem Eis, welche um so weniger eine gegenseitige Verschiebung erleiden, je dünner die feinen Schaumwände sind (die nun wieder geschmolzen sind und beim Gefrieren aus der ölartigen Salzlösung senkrecht zur Oberfläche sich gebildet hatten) und je weniger Salz das Wasser vor dem Gefrieren enthielt. Je reiner das Wasser war, desto größer sind diese sechsseitigen Prismen und Schaumzellen.

Die Kapillarspalten im klaren Gletschereis sind diese feinen Schaumwände aus ölartiger Salzlösung.

Gefriert Wasser mit schwachem Salzgehalt in hohen Blechtrögen, welche von abgekühlter Salzlake umgeben sind, so scheidet sich die ölartige Salzlösung in dünnen Schichten normal zur Oberfläche aus und bildet Blasen, an einander hängende Schaumzellen oder — wenn die ölartige Flüssigkeit bei niedriger Temperatur sehr klebrig ist — Falten oder hohle Schläuche, die mit reinem oder salzarmem Eis oder mit Luft gefüllt sind, wenn solche im Wasser vorhanden war. Das künstliche Eis erscheint von vielen horizontalen, zur Oberfläche normalen Röhren durchzogen, die in den diagonalen und medianen Ebenen besonders zahlreich sind, wo sich die Mutterlauge angesammelt hatte. Je weniger Salz das Eis enthält, desto klarer sind diese diagonalen und medianen Ebenen im künstlichen Eisblock. Die Belichtung mit Sonnenlicht oder Tageslicht veranlaßt das Erscheinen frischer Röhren. Das Eis wird wolkiger und dann wieder klarer.

Wenn lufthaltiges Wasser in hohen Metalltrögen friert, so zeigt der obere Teil des Eisblockes abwechselnd horizontale Schichten von klarem, reinem Eise und von trübem, salzhaltigem Eise mit zahlreichen Luftblasen. Je mehr Salz das Wasser ent-

hält, desto zahlreicher und enger sind die trüben Schichten. Im Sonnenlicht schmelzen diese trüben Schichten leichter als die durchsichtigen, und an der Oberfläche des trüben Eises entstehen Furchen.

Läßt man das Eis im warmen Zimmer auftauen, oder setzt man es der Strahlung des Tageslichtes aus, so schmelzen die salzreichen Teile früher als die salzarmen. Die Röhren von ölartiger Salzlösung bilden Anschwellungen und Schraubenwindungen und zerfallen dann unter Volumverkleinerung in kugelförmige Blasen, welche leer oder mit Luft gefüllt sein können. Die Schaumzellen zeigen dieselben Formen wie die der aufquellenden oder schrumpfenden Kolloide und Gallerte, oder wie die baumähnlichen und verzweigten Gebilde, die ich an den flüssigen Niederschlägen der Metallsilikate und Cyanide beschrieben habe. Wenn die Kapillarspalten dieses trüben Eises mit sehr klebriger Salzlösung gefüllt sind, oder wenn die ölartige Salzlösung keine zusammenhängenden Schaumzellen bildet, kann sie nicht abfließen. Das Eis bleibt weiß wie das Gletschereis.

Wenn ein Eisblock unter längerer Einwirkung des Tageslichtes auftaut, erscheinen in den diagonalen und medianen Ebenen des Blockes helle und wolkige Streifen, welche mit der Dauer und Intensität der Strahlung ihre Gestalt und Lage ändern. Dies rührt her von der Bildung neuer Schaumwände aus ölartiger Salzlösung und dem Verschwinden von alten. Man sieht auch die Winkel zwischen den Schaumwänden sich gleichfalls ändern, d. h. die Oberflächenspannung dieser Wandungen ändert sich. Da nun nach dem Innern des Eises der Salzgehalt der Diagonalflächen zunimmt und die absorbierte Wärmestrahlung abnimmt, und da ferner die Oberflächenspannung und die Viskosität mit der Konzentration und Temperatur sich ändern, so folgt, daß die Formen, welche die ölartigen Schichten im Innern des Eises annehmen, unter dem Einfluß der Oberflächenspannung sich gleichfalls ändern.

Nach 30—36 Stunden war der Block künstlichen Eises im warmen Zimmer auf die Hälfte seiner ursprünglichen Höhe (1 m) abgeschmolzen und am Fuße wie an den wärmeren Stellen in eine breiige Masse zerflossen. Im oberen Teile hatten sich Schaumwände im reinen Eise mit Neigungswinkeln von 120° gebildet; in diesen und in der medianen Schicht, die fortgetaut war, floß die schmelzende Salzlösung stundenlang ab. An den wärmeren Stellen und an dem dünnen, obersten Rande hatten sich Gletscherkörner gebildet; sie waren 5—10 mm breite Schaumzellen, mit doppeltbrechendem Eise gefüllt und von einander durch einfachbrechende Schaumwände von klarer Salzlösung getrennt. An den Knotenpunkten dieser Schaumwände lagen oft Tetraeder, von Kugelflächen begrenzt und mit klarer Flüssigkeit gefüllt....

Die Erscheinungen im schmelzenden Eise hängen von der Geschwindigkeit des Frierens und von der Geschwindigkeit des Auftauens ab. Je schneller das Wasser friert, desto zahlreicher sind die Schaumwände und desto kleiner die Schaumzellen.

Sehr verdünnte Lösungen verschiedener Salze geben, unter ähnlichen Bedingungen langsam gefroren, ölartige Lamellen mit verschiedener Viskosität und Oberflächenspannung, oder Kugeln, Blasen, Röhren und Schaumwände von verschiedener Gestalt. Ich habe dies an frisch ausgekochtem Wasser mit 0,000 003 % NaCl oder äquivalenten Mengen von KCl, R_2CO_3, Na_2SO_4, $CaCl_2$, $MgCl_2$, $Al_2(SO_4)_3$ gezeigt. Das Wasser war in prismatischen Trögen aus Messing oder Weißblech gefroren.

Während des Frierens von lufthaltigem Wasser, das 0,0015 % Na_2SO_4 enthielt, schied sich die Luft gleichzeitig mit der Mutterlauge aus. Die Grenzfläche zwischen Luft und fast erstarrter, sehr klebriger Flüssigkeit will möglichst klein werden und rollt sich zu Hohlzylindern zusammen, deren Radien um so kleiner sind, je schneller das Eis gefroren. Das Wasser friert um so langsamer, je weiter es von der (unter 0°) abgekühlten Trogwand entfernt ist. Die dünnen Lamellen, welche die Wände der Röhren bilden, sind normal zur festen Oberfläche der Trogwand oder des klaren Eismantels, welcher die Mutterlauge umhüllt. Sie bilden häufig mit weißlicher Haut bekleidete und mit Luft gefüllte, zylindrische oder kegelförmige Röhren; ihre Achsen sind normal zur Oberfläche, und ihre spitzen Enden sind nach der Außenseite des Eismantels gerichtet. An der 0,5 bis 2 mm breiten Basis dieser Röhren hängt eine weißliche Hohlkugel im Innern der Mutterlauge.

Beim langsamen Frieren von Wasser, das 0,000 14 bis 0,001 4 % Na_2O_4 oder 0,003 % NaCl enthält, kommt es zuweilen vor, daß die Mutterlauge, die von einem klaren Eismantel umgeben ist, zahlreiche ebene Kristallplättchen von reinem Eise enthält. Diese zeigen deutlich durch ihre Gestalt, Lage und Neigung gegen einander, daß sie entstanden sind aus dünnen, ölartigen Schaumwänden reinen Wassers, die bei fortschreitender Abkühlung sich aus der wässerigen Salzlösung abgeschieden haben und dann erstarrten.

Wenn ein Probierröhrchen mit kochendem destillierten Wasser in flüssige Luft getaucht wird, friert das Wasser sehr schnell zu einer milchweißen Eismasse mit Sprüngen normal zur Glasfläche. Taucht man das mit dem weißen Eise gefüllte, auf — 190° abgekühlte Röhrchen in destilliertes Wasser, so überzieht es sich außen mit einer dünnen Eiskruste, welche mit einem Messer abgelöst und in einem Uhrglase unter dem Polarisationsmikroskop untersucht werden kann. Sie besteht aus kleinen Gletscherkörnern oder Schaumzellen (von 0,1—0,2 mm Durchmesser), deren ebene Wände normal zur Zylinderfläche liegen und Winkel von 120°, 110° usw. mit einander einschließen. Das Innere einer jeden Schaumzelle enthält einen Eiskristall, der in den verschiedenen Kammern verschieden orientiert ist. Wenn das Eis im Probierröhrchen mit einer Stahlspitze zerdrückt wird, zeigt es einen faserigen Bruch mit feinen Fasern normal zur Zylinderfläche. Zuweilen sieht man im Querschnitt konzentrische Zylinder von abwechselnd klarem und weißem Eise. Die latente