

tät der einzelnen Atome bedingt sind und den Punkt, wo die untere Affinitätsgränze ihre Minimaltemperatur erreicht, verschieben.

In den Linien zweiter Richtung

Li	Mg	Ca
Na	Zn	Sr
K	Cd	Ba

ist der Einfluss, den die Wellenlinie des Atomvolums auf die untere Gränzlinie der Affinität ausübt, nicht zu verkennen, indem der Punkt, wo die Wellenlinie des Atomvolums ihr Minimum erreicht (Mg oder Zn oder Cd), zusammenfällt mit dem Punkte, wo die untere Affinitätsgränze ihre Maximaltemperatur erreicht <sup>1)</sup>.

Die vorstehenden Affinitätsgränzen werden verschoben durch den Einfluss verschiedener Körper, welche entweder blofs durch Contact oder zugleich auch durch prädisponirende Affinität wirken. In dieser Weise werden Verbindungen vermittelt, welche direct nicht darstellbar sind <sup>2)</sup>.

1) Dieselbe Erscheinung also wie bei As in der mit J<sub>3</sub> verbundenen Linie Bi • Sb As P.

2) SO<sub>3</sub> durch den Contact mit Pt oder NO<sub>3</sub> durch die prädisponirende Affinität von HO.

---

#### IV. *Ueber Gefrieren des Wassers und Hagels;* *von Dr. Berger in Frankfurt a. M.*

---

**E**he Dufour's Abhandlung »Ueber das Gefrieren des Wassers etc.« in diesen Ann. 114. 530 erschien, hatte ich eine Anzahl von Versuchen über denselben Gegenstand gemacht, deren weitere Verfolgung ich theils wegen Mangels an Zeit, theils der gelinden Witterung des Winters 1862/63 wegen auf den folgenden Winter verschieben mußte. Ich verfuhr bei denselben in anderer Weise als Dufour.

Größere Wassersphäroide stellte ich in einem Porzellanschälchen dar, welches ich anfangs mehrmals sorgfältig mit Ruß (Lampenabsatz) überzogen hatte; später aber bestreute ich die einfach berufte Oberfläche desselben mit Bärlappsaamen. Dieses letztere Verfahren ist weniger mühsam und der Versuch mißlingt weniger leicht. In die so dargestellte Sphäroide konnte die Kugel des bei meinen Versuchen über Sphäroidalzustand angewandten Thermometers vollständig eingetaucht und somit jede Temperaturveränderung in dem Wasser unmittelbar beobachtet werden.

Um eine größere Anzahl von jeder Berührung mit andern Körpern außer der atmosphärischen Luft freie Sphäroide von allerdings nicht sehr bedeutender Größe, aber von jeder beliebigen Kleinheit zu erhalten, bespritzte ich die Innenseite von gespaltenen Baumwollwattetafeln mit Wasser.

Die auf beide Arten erhaltenen Sphäroide wurden der Winterkälte und der Beobachtung ausgesetzt.

Diese Methoden scheinen mir von der Dufour's, wenn es sich um Schlüsse auf meteorische Vorgänge handelt, nicht allein den Vorzug zu haben, daß die Sphäroide nach einer Seite hin nur mit der Luft, nach der andern dagegen möglichst wenig und meist nur mittelbar mit fremdartigen Körpern in Berührung sind, sondern auch den, daß man dieselben unmittelbar beobachten kann.

Die Resultate meiner Versuche sind nun folgende:

1. Bei einer Temperatur von  $-14$  bis  $-16^{\circ}$  C. und tiefer ging das eingetauchte Thermometer vor dem Gefrieren nie unter  $0^{\circ}$  herab.

Bei einer Temperatur von  $-4$  bis  $-10^{\circ}$  dagegen erkaltete der Tropfen auf  $-1$  bis  $-4$  und  $-5^{\circ}$  ohne zu gefrieren — gleichgültig, welche Temperatur das eingegossene Wasser hatte, vorausgesetzt, daß sie  $0^{\circ}$  überstieg, Bewegung der Luft, Blasen, Eintauchen von Eisen- oder Glasstäben von einer Temperatur über  $0^{\circ}$ , (nicht heftiges) Umrühren mit denselben übte keinen merklichen Einfluß auf das Erstarren aus. Wirksamer zeigte sich ein solcher

Stab, wenn er selbst eine Temperatur unter  $0^{\circ}$  besafs. Er überzog sich alsdann häufig mit einer Eistrinde, und darauf erfolgte im Sphäroide das Gefrieren, welches bekanntlich auch augenblicklich eintritt, wenn ein Eiskrystall eingetaucht wird.

Wenn das *semen lycopodii* oder der Rufs an irgend einer Stelle von dem Wasser benetzt wurde, so zeigte sich eine viel gröfsere Neigung zum Gefrieren.

Wurde dieses nicht auf eine solche Weise herbei geführt, so erfolgte es, nachdem das Thermometer langsam auf die betreffende Temperatur herabgegangen war, ohne eine merkbare Ursache. Die Oberfläche gewann dabei ein trübes Ansehen, worauf das Quecksilber in der Regel rasch, seltener langsam, auf  $0^{\circ}$  stieg. Wenn man alsdann das Sphäroid herauszunehmen versuchte, so blieb das innere flüssig gebliebene Wasser zurück und man hatte eine aus vielfach sich durchkreuzenden Eisnadeln und Fäden gebildete sphäroidische Hülle. Die Thermometerkugel war von nach allen Richtungen schiefsenden Eisnadeln umgeben. Oefters aber war sie in schräger Richtung von oben nach unten fest umschlungen von vollständig platten und klaren Eisringen, die ihr ein schönes Aussehen verliehen.

Nicht selten zeigte sich die angegebene Trübung der Oberfläche vorerst nur in einer das Sphäroid durchsetzenden geraden Linie. Diese war dann die oberste Gränze eines Eisgebildes, welches einer vom Fenster losgelösten federförmigen Eisblume glich. Nach einiger Zeit fanden sich im Wasser viele Eisplättchen.

Die Bildung von Fensterblumen findet bekanntlich auch auf horizontal liegenden Glastafeln statt. Geschmolzener Schwefel, auf einer solchen in dünnen Schichten ausgebreitet, liefert ganz ähnliche Figuren<sup>1)</sup>. Bestreut man eine aufgegossene Wasserschicht mit *semen lycopodii*, so ordnet sich dasselbe nach den beim Gefrieren darunter entstehenden

1) Die Abhandlung war schon geschrieben, als Hr. Prof. Böttger seine schönen Krystallfiguren aus wäfsrigen Lösungen verschiedener Salze im hiesigen phys. Verein zeigte.

Figuren; ebenso das auf Wassersphäroide gestreute *semen lycopodii*. Beim Wiederaufthauen werden diese Figuren allmählig wieder undeutlicher und verschwinden endlich.

Je größer die Sphäroide waren, desto weniger leicht ging im Allgemeinen ihre Temperatur vor dem Gefrieren unter 0° herab. Diefs trägt zur Beseitigung des übrigen kaum gerechtfertigten Zweifels bei, ob wohl kleinere Sphäroide, deren Temperatur nicht mehr direct gemessen werden kann, wirklich auch bis zur Temperatur der Umgebung erkaltet seyen, wenn sie nicht mehr gefrieren.

Auf Watte dargestellte Sphäroide erstarrten, übereinstimmend mit denen Dufour's, um so schwieriger, je kleiner sie waren. Sehr kleine Tröpfchen waren viele Stunden lang der heftigsten Kälte des verflossenen Winters ausgesetzt, ohne zu gefrieren. Nur wenn solche Sphäroidchen aus Wasser von 0° dargestellt wurden, gefroren sie alsbald.

2. An den Sphäroiden auf Watte konnte man den weiteren Fortgang des Gefrierens leicht beobachten. Längere oder kürzere Zeit nach dem Gefrieren der Oberfläche zeigte sich im Innern ein weißer, nicht scharf abgegränzter Kern. Zerschnitt man nun eine solche Eiskugel, so sah man von allen Seiten Eiskristalle in die Mitte hineinragen. Die Zwischenräume waren entweder mit noch flüssigem Wasser ausgefüllt, oder auch leer. Bei längerem Liegen in der Kälte dehnte sich das weiße Aussehen immer mehr gegen die Oberfläche hin aus, bis endlich auch diese durch eine Art Zerklüftung ihre Durchsichtigkeit verlor. Kleinere Sphäroide verloren dabei auch ihre runde Gestalt, indem sich mehr oder weniger scharf ausgeprägte Ecken zeigten. Je stärker die Kälte, desto rascher war der ganze Vorgang beendet, an kleineren Sphäroiden natürlich viel rascher als an größeren. Oefter geschah es, dafs während die weiße Färbung nach der Oberfläche vorschritt, sich kleine Oeffnungen bildeten, aus denen das im Innern befindliche noch flüssige Wasser hervorquoll.

Bringt man auf ein so gefrorenes Sphäroid wieder

Wasser in nicht zu geringer Menge, so gefriert es alsbald. Die neue Oberfläche ist klar und durchsichtig; an der Berührungsfäche mit dem Sphäroid befindet sich ebenfalls ein durchsichtiger Ring. Inmitten der neu aufgegossenen Schicht aber tritt ein weißer, wieder nicht klar abgeschiedener Ring hervor von derselben Beschaffenheit wie vorhin der Kern. Allmählich verbreitet sich dieser nach beiden Seiten, so daß einerseits die Oberfläche wieder undurchsichtig, andererseits die Abgränzung zwischen dem ursprünglichen Sphäroid und dem neu aufgegossenen Ring mehr und mehr undeutlich wird; es geht übrigens dies letztere fast nie so weit, selbst oft nach tagelangem Liegen nicht, daß der Unterschied gänzlich verschwände und die beiden Theile nicht mehr zu unterscheiden wären.

Durch Wiederaufgießen von Wasser kann man eine größere Anzahl solcher Ringe erhalten, die sich je nach der Neigung, welche man der Wattetafel nach verschiedenen Seiten hin giebt, in der mannichfaltigsten Weise um die Kugel und über einander lagern.

Wenn man neues Wasser aufgießt, sobald die Oberfläche eines Ringes gefroren und ehe der Kern ausgebildet ist, so kann man die einzelnen Ringe natürlich nicht unterscheiden.

Hat man ein kleines Sphäroid ganz weiß gefrieren lassen und gießt alsdann eine größere Wassermenge darauf, so ist nach dem Gefrieren der innere Kern deutlich und scharf von dem äußeren Ring oder den Ringen abgegränzt. Er hat aber alsdann nicht die lockere, poröse Structur, die der Kern einer größeren gefrorenen Wassermasse hat.

Trägt man nur sehr kleine Mengen Wassers nach und nach auf ein gefrorenes Sphäroid auf, so werden einzelne Ringe nicht unterscheidbar; die ganze Eismasse erscheint aber getrübt.

Einen ähnlichen Vorgang, wie den hier ins Einzelne beschriebenen, hat man übrigens Gelegenheit an jedem

Brunnen zu beobachten. Betrachtet man nämlich die Eiszapfen, welche sich an Brunnen etc. aus den nacheinander hängen gebliebenen Wassertropfen ansetzen, so findet man sie, wenn sie sich bei geringer Kälte oder noch nicht lange gebildet haben, fast ganz durchsichtig; nur hie und da bemerkt man einen weissen Queranflug im Innern. Bei strenger Kälte aber sieht man immer breitere halbkugelförmige, weisse, faserige mit schmäleren durchsichtigen Querstücken abwechseln. Zerbricht man einen solchen Zapfen, so bricht er meist an der durchsichtigen Stelle und zwar so, daß der Form jener Querstücke entsprechend der untere Theil eine concave, der obere (dickere) eine convexe Bruchfläche darbietet. Betrachtet man ihn der Länge nach durch die Bruchfläche hindurch, so sieht man eine weisse, poröse cylindrische Säule, umgeben von einem klaren, durchsichtigen Ringe. An älteren, bei strenger Kälte gebildeten Zapfen sind die Unterbrechungen durch klare Querringe oft kaum mehr bemerkbar, selten aber unkenntlich. Die Bruchfläche solcher älteren Zapfen läßt öfter erkennen, daß derselbe Vorgang sich wie in die Länge, so auch in die Breite geltend gemacht hat. Man sieht den weissen Kern von einem durchsichtigen Ring, diesen wieder von einem weissen breiteren und diesen von einem schmäleren durchsichtigen Ring umgeben.

Oefter findet man auch Eiszapfen, welche hohl sind. Wahrscheinlich ist hier der erste Ansatz nach dem Gefrieren der Oberfläche durch irgend eine äufsere oder innere Ursache, wie z. B. einen durch die Ausdehnung bewirkten Druck nach unten geöffnet worden, so daß das innere Wasser herauslaufen konnte; das später herabfließende Wasser setzte sich alsdann am Rande an, und erst weiter unten, wo der Zapfen sich allmählich mehr zuspitzte, floss es wieder zusammen und bildete sich ein geschlossener Cylinder.

3. Bringt man eine in strenger Kälte gebildete Eiskugel, deren Oberfläche noch durchsichtig ist, in einen

feuchten Raum, so beschlägt diese sich mit einem dichten feinen Reif und wird somit trüb.

Läfst man an einem durchgefrorenen Sphäroid eine oberflächliche Schmelzung eintreten und bringt es alsdann wieder in die Kälte, so bildet sich ein vollständig glatter Eisüberzug, an dem man jene Streifen und Runzeln nicht mehr wahrnehmen kann, welche man anfänglich bemerkte, und der bei fernerm Verbleiben in der Kälte auch nicht mehr zerklüftet.

Bringt man zwei nahe bei einander liegende Eissphäroide, nachdem man sie einer oberflächlichen Schmelzung unterworfen, in der Kälte in unmittelbare Berührung, so haften sie vermöge einer dem Wasser unmittelbar vor dem Gefrieren eigenthümlichen Zähigkeit aneinander.

Füllt man den Zwischenraum zwischen zwei solchen Kugeln mit Wasser aus und läfst dieses gefrieren, so sieht man alsbald einen Quersprung etwa in der Mitte der Verbindungsmasse, der Complex zerbricht leicht an dieser Stelle und die Bruchflächen haben ein muscheliges oder zackiges Aussehen.

Verbindet man auf diese Weise eine gröfsere Anzahl von Kugeln und zerschlägt sie alsdann wieder, so erhält man eben so viele Eiskörper, als ursprünglich Kugeln vorhanden waren; letztere bilden den weifsen Kern derselben und die Form ist abhängig von der Zahl der Kugeln. Den hierbei stattfindenden Vorgang kann man leicht an einer dünnen Wasser- oder besser Schwefel-Schicht auf Glas beobachten. Das Erstarren beginnt z. B. an zwei Punkten und geht von beiden gleichmäfsig weiter. Da wo beide feste Schichten zusammentreffen, sieht man eine Scheidelinie entstehen. Macht man eine etwas dickere Schwefelmasse flüssig und bringt zwei Stückchen festen Schwefels an zwei entgegengesetzte Enden derselben, so findet dasselbe statt; wenn aber das Erstarren beiderseits unregelmäfsig vorschreitet, was um so leichter geschehen kann, je dicker die Schicht ist, so schiefsen die Krystalle in einander über und die Scheidelinie wird undeutlich. Die Ursache

jenes Sprunges scheint also in einem gleichmäßigen gegenseitigen Abschlufs der Krystalle zu liegen<sup>1)</sup>.

Wenn man anf ein überkaltes<sup>2)</sup> Sphäroid Schneekry-  
stalle bringt, so sinken dieselben nicht ganz<sup>3)</sup>, sondern  
nur theilweise in dasselbe ein. Während es rasch gefriert,  
steigt das Wasser am Krystall hinauf: es bilden sich Zacken,  
die klar und durchsichtig sind und erst nach längerem  
Liegen in der Kälte sich trüben. — Uebergießt man  
Schneekry-  
stalle mit kaltem Wasser, so sieht man anfangs  
ebenfalls höchstens eine schwache Trübung. Erst bei voll-  
ständigem Gefrieren — wo es auch ohne diese geschähe  
— bildet sich der eigentliche Kern aus.

4. Stellt man auf drei Wattelappen Sphäroide aus  
Wasser von derselben Temperatur dar und bringt sie  
gleichzeitig in die Kälte, so zwar, dafs man den ersten  
rasch auf und ab bewegt, den zweiten ruhig liegen läfst,  
den dritten an einem Faden aufhängt, so dafs er dem Spiele  
der Luftbewegungen überlassen bleibt, deren Wirkung durch  
Ausweichen nach der Seite des geringeren Drucks vermin-  
dert wird, so gefriert das Wasser in der Regel auf dem  
ersten am schnellsten, auf dem letzten am langsamsten. Es  
folgt daraus, dafs die Bewegung der Luft, wenn die über-  
kalten Sphäroide auch eine gewisse Unempfindlichkeit gegen  
dieselbe zeigen, doch nicht ohne Einflufs auf ihr Gefrieren  
ist, dafs letzteres um so rascher erfolgt, je kräftiger dieser  
Einflufs wirkt. Dasselbe läfst sich noch auf eine andere  
Art beweisen. Stülpt man nämlich auf die Sphäroide eines  
Wattelappens ein niedriges Becherglas, welches vorher in  
der Kälte gestanden hat, um die Temperatur der Atmo-  
sphäre anzunehmen, während man die eines andern frei an  
der Luft liegen läfst, so dafs der horizontale Luftstrom

1) Im Innern einer gröfsern gefrierenden Wassermasse scheint ein ganz analoger Vorgang stattzufinden (Volger, »Ueber das innere Gewebe der Eisdecke auf stehendem Wasser«, in Berichte des deutschen Hochstiftes, 1864, S. 22.)

2) Diesen Ausdruck gebrauche ich nach E. Edlund (Pogg. Ann. Bd. 121, S. 515) für unter 0° erkaltetes Wasser.

3) Vergl. Pogg. Ann. Bd. 114, S. 544.



ungehindert, der durch die Abkühlung bewirkte vertikale kräftiger wirken kann, als im ersten Falle, so gefrieren die Sphäroide auf dem letzteren Lappen in der Regel viel rascher als auf dem bedeckten. Der Zeitunterschied wird nur dann unbedeutend, wenn die Kälte sehr groß ist, so daß das Gefrieren fast augenblicklich erfolgt.

5. Viele Physiker nehmen an, zur Hagelbildung sei vorgängige Schnee- oder Schneebildung in beträchtlicher Höhe nothwendig. Die Hauptveranlassung zu dieser Ansicht war jedenfalls der schneeige Kern der Körner; und Kämtz wendet gegen C. v. Buch's Theorie, wonach der Hagel gefrorenen Regen ist, ein, daß gefrorene Wassertropfen jenen Kern nicht haben können. Die oben angeführten Versuche beweisen, daß dies allerdings der Fall sei und daß, wenn wirklich das Wasser sich um eine Schneemasse herum gelagert hätte, diese doch nicht als die Ursache des Aussehens bezeichnet werden könne.

Der Kern wirklicher Hagelkörner hatte übrigens in den von mir beobachteten Fällen durchaus keine so große Aehnlichkeit mit zusammengeballten Schneemassen. Am 3. März 1861 hagelte es des Abends 5 Uhr, nachdem der Himmel den ganzen Tag über heiter gewesen war, etwa 5 Minuten lang bei starkem Sturm. Die eiförmigen Hagelkörner hatten einen Querdurchmesser von  $\frac{1}{2}$ —2", einen Längendurchmesser von 3—4". Fast alle hatten an der Spitze einen weißen, sehr festen, von der übrigen ganz durchsichtigen Eismasse scharf abgegränzten Kern, welchen man unmöglich als eine Schneemasse bezeichnen konnte. Vielmehr glichen die Körner vollständig den von mir durch Auftragen von Wasser auf einem festgefrorenen dünnen Kern gebildeten. Unter den kleineren waren einzelne — mitunter kugelförmig — ohne diesen Kern. Diese hatten aber im Innern mehr oder weniger spärliche weiße Fasern, welche wiederum nicht die entfernteste Aehnlichkeit mit Schneekristallen hatten. Man kann vielmehr bei der künstlichen Darstellung solche Fasern beobachten, wenn eben der weiße Kern sich zu bilden beginnt. Der Kern von eigentlichem

Sommerhagel schien mir durchaus mehr Aehnlichkeit mit dem Gewirre von Eisnadeln zu haben, welches beim Gefrieren größerer Wasserkugeln entsteht, als mit zusammengeballten zarten Schneekristallen. — Auch sind die *cirri*, in welchen die Schneebildung stattfinden soll, nicht immer vorhanden. So fehlten sie z. B. in dem oben angeführten Falle; De Luc, der auch jener Ansicht huldigte, nahm sie zurück, als er Hageln sah, ohne dafs sie vorher entschieden ausgebildet waren. Selbst Kämtz beobachtete Hagelwetter, bei welchen sie fehlten.

Es dürfte also hinlänglich bewiesen seyn, dafs Schnee- bildung, obgleich sie aller Wahrscheinlichkeit nach sehr häufig gleichzeitig mit der Hagelbildung stattfindet, dieser jedoch nicht unbedingt voran gehen müsse, dafs die Annahme derselben also nicht den nothwendigen Bestandtheil einer Hageltheorie ausmachen dürfe, wie diefs auch in neuerer Zeit noch häufig der Fall ist.

Ist blofs die Oberfläche einer Wasserkugel gefroren und der Kern noch flüssig, so hat man die von Arago als »gefrorene Regentropfen« bezeichnete dritte Art von Hagelkörnern. Am 25. März 1860 hatte ich Gelegenheit, solche bei Giefsen zu beobachten. In dem Zeitraum von 4 bis 6½ Uhr Abends zogen viermal schwarze Wolkenbänke, von heftigem kaltem Sturm begleitet, von Südwest herauf, denen jedesmal Windstille und eine mehr oder weniger vollständige Aufheiterung des Himmels folgte. Eine derselben entsandte neben Regen auch kleine kugelförmige Eiskörner von weniger als 1" Durchmesser. Diese waren vollständig durchsichtig; und wenn man sie leicht zwischen den Fingern rieb, verschwanden sie plötzlich, offenbar nachdem die Eisrinde abgerieben war. Am 4. März 1860 fielen des Morgens zwischen 10 und 11 Uhr Eismassen von zweierlei Form. Die einen waren unregelmäßig gestaltete (mitunter sechsseitige Pyramiden), locker zusammenhängende, weifse Massen von  $\frac{1}{2}$ — $1\frac{1}{2}$ " Durchmesser — offenbar zusammengeballte Schneemassen, eigentliche Graupeln. Die Körner der anderen Form waren wieder durchsichtige Kügelchen

oder dreiseitige Pyramiden, die beim Reiben zwischen den Fingern wieder alsbald zerfielen.

6. In jüngster Zeit ist die Thatsache, dafs das Wasser unter  $0^{\circ}$  erkalten kann, in mehrere Hageltheorien aufgenommen worden. Dafs das Wasser in der Atmosphäre wirklich unter  $0^{\circ}$  erkaltet, ist durch mehrfache Beispiele nachgewiesen. Auch ich habe in einzelnen Fällen die Beobachtung gemacht, dafs die Temperatur der Luft unter  $0^{\circ}$ , die Nebelmasse aber noch flüssig war; erstere war jedesmal äufserst ruhig.

Dafs jenes Ueberkalten auch bei Hagelwettern stattfindet, ist nicht nachgewiesen. Wohl aber ist durch die angeführten Versuche nachgewiesen, dafs Bewegung das Erkalten unter  $0^{\circ}$  und zwar um so leichter beeinträchtigt, je gröfser die Tropfen sind, so dafs bei Sphäroiden von nur einiger Gröfse es keines Austofses durch Krystalle mehr bedarf, wenn die Bewegung anhaltend einwirkt; und bekannt ist, dafs bei Hagelwettern immer eine starke Bewegung der Atmosphäre stattfindet. Die Annahme dieser Erkaltung als Bedingung der Hagelbildung ist also jedenfalls gewagt.

Aus dem Gesagten geht hervor, dafs, wie die Schneebildung der Hagelbildung vorangehen oder sie begleiten, so auch das Wasser, aus dem die Körner entstehen, vielleicht unter  $0^{\circ}$  erkalten kann<sup>1)</sup>, dafs aber Hagelbildung stattfinden kann ohne beide, sobald die Möglichkeit zur Verwirklichung der durch die oben angeführten Versuche eingeleiteten Vorgänge in der Atmosphäre gegeben ist.

7. In einem Aufsätze über Nebel habe ich nachgewiesen, dafs dessen Bildung im Allgemeinen von zwei einander in vertikaler Richtung begegnenden Luftströmen, einem kalten herabsinkenden und einem warmen aufsteigenden, abhängig ist. (Der Fall, wo blofs ein warmer Strom

1) Am 12. Juli d. J. fielen nach den Berichten eines Reisenden am Vierwaldstädter See bei einem Hagelwetter, von nicht sehr starkem Wind begleitet, Eismassen von der Gröfse und Form eines Fünfrankenthalers. Diese dürften wohl aus überkaltem Wasser entstanden seyn.

emporsteigt und dabei seine Feuchtigkeit condensirt, kommt im wesentlichen auf dasselbe heraus.) Dem dabei stattfindenden Wechsel zwischen Condensation und Auflösung entspricht die seitdem von Hrn. Dellmann gemachte Beobachtung, »wonach sehr wahrscheinlich jede Wolke elektrisch ist und die Elektrizität fortwährend in ihr wechselt.« Der S. 459 jener Abhandlung ausgesprochene Satz: »Die Dunstkügelchen werden also im kalten Strom gebildet und durch denselben abwärts geführt, durch den warmen emporgerissen und aufgelöst«, erklärt die Erscheinungen in einer Nebelmasse jedoch nicht vollständig und richtig, wie sich aus Folgendem ergibt:

An der Berührungsstelle zwischen beiden Strömen muß nämlich Condensation, — indem aber der aufsteigende Strom fortwährend kälter, der absteigende wärmer wird, — im Innern des ersteren Ausscheidung, im letztern Aufnahme von Feuchtigkeit stattfinden.

Sowie in dem aufsteigenden Strom durch Abkühlung Uebersättigung eingetreten ist, entstehen Nebelkörperchen und werden mit in die Höhe gerissen um so leichter, je mehr die Steigkraft durch die Condensation vergrößert wird. Wenn jene schwächer wird, sinken sie nach Verhältniß ihrer Schwere zurück, indem sie theilweise herabfallen, zu einem großen Theil aber, wie es scheint, in den kalten Strom hinüber wirbeln. Wenn die Steigkraft = 0 geworden, hört auch die Condensation auf.

Die in den kalten Strom übertretenden Körperchen werden so lange vollständig aufgelöst, als dieser noch nicht gesättigt ist. Ist er es aber, so wird der Dunst in dem oberen Theile desselben bleibend sichtbar seyn und sich so lange mehren, als die Zahl der zugeführten Kügelchen die der aufgelösten übertrifft, vermindern aber, sobald das Umgekehrte stattfindet. Seine untere Nebelgränze wird sich also da befinden, wo er fähig wird, allen zugeführten Dunst aufzulösen.

Die Temperaturdifferenz der beiden Ströme wird an allen Stellen im Allgemeinen ziemlich gleich angenommen

werden können. Im oberen Theil einer Wolke, wo beider Feuchtigkeitsgehalt gering, und im untern, wo der kalte Strom nicht mehr oder auch möglicherweise der warme noch nicht gesättigt ist, wird ihre Berührungsgränze weniger, in der Mitte mehr Dunstkörperchen bilden, die ebenfalls grosentheils mit dem kalten Strom nach unten gehen. Die obere und untere Wolkengränze an dieser Stelle wird da seyn, wo die Mischungstemperatur der beiden Ströme gerade den Zustand der Sättigung bedingt.

Je mächtiger die Vertikalströmungen sind und je rascher sie vor sich gehen, desto weniger wird eine Ausgleichung zwischen den einzelnen Theilen stattfinden, desto selbstständiger werden sie hervortreten. In einem einseitig abgekühlten Kochfläschchen, wo die beiden Ströme in ungestörtem Kreislauf unmittelbar in einander übergehen, zeigt sich die untere dunstarne Gränze sehr deutlich unmittelbar über der Flüssigkeit; die vollständige Ausbildung der obern wird durch den Boden des Kochfläschchens in der Regel verhindert.

Es ist in dem erwähnten Aufsätze gezeigt worden, daß bei einer allmählichen Ausgleichung der Temperaturdifferenzen sanfte Regen (Schnee), bei heftiger Condensation durch große Temperaturdifferenzen Platzregen und Hagel entstehen können<sup>1)</sup>. Bei den Hagelwetteru, den mächtigsten Vorgängen ihrer Art, wo die Strömungen noch durch die Reflexion an der Erde modifirt und verstärkt werden, tritt ihre Wirksamkeit sehr deutlich in den sackartigen Aus- und Einbuchtungen nach unten hervor; und bei einem Gewitter, welches ich auf dem Rigi beobachtete, sah man den aufsteigenden Strom der heranrückenden Wolkenmasse in mächtigen zungenförmigen Zügen hoch empor strömen,

1) Die dabei angenommene Entstehung eines leeren Raumes durch Condensation könnte dann erst verworfen werden, wenn bewiesen würde, daß die die Wärme schlecht leitende Luft in derselben Zeit sich ausdehnte, in welcher die Condensation erfolgte (vergl. Reye, über vertikale Luftströme in »Zeitschrift für Mathematik und Physik von Cajor und Schlömilch, 1864, S. 251).

während das Wasser dem aufblickenden Beobachter in's Gesicht fiel, sobald er von demselben eingehüllt war.

Die gesteigerte Heftigkeit giebt nun keinen Grund ab, den Hagel von den übrigen festen Niederschlägen in der Betrachtung abzusondern. Vielmehr sind diese nach einem andern Gesichtspunkte in zwei Gruppen zu theilen. Sie entstehen nämlich, wie bekannt, entweder dadurch, daß der elastische Dampf sich erst in Flüssigkeit verwandelt, welche alsdann gefriert, oder dadurch, daß er, jene Zwischenstufe überspringend, unmittelbar zu Eis wird. Nach Schumacher<sup>1)</sup> haben die Gebilde letzter Art im Allgemeinen geradlinige, die der ersteren krummlinige Umrisse, mehr oder weniger kugelförmige Gestalt, obschon bei ihnen die Tendenz zu regelmäßiger sechsstrahliger Ausgliederung nicht und zwar um so weniger zu verkennen ist, je kleiner die gefrierende Masse ist, und wenngleich die mikroskopische Untersuchung auch bei ihnen ein krystallinisches Gefüge nachweist. Zu ihnen gehören viele Schneegebilde ebensowohl als der Hagel.

Kann nun die Bildung unmittelbar aus Dampf nur bei einer Temperatur unter  $0^{\circ}$  stattfinden, so ist leicht ersichtlich, daß sobald der kalte, herabfallende Luftstrom einigermaßen weit unter diese Temperatur erkaltet ist, wenn auch nicht durchschnittlich, so doch hie und da sich Schneekrystalle aus Dampf bilden müssen, indem bei dem bunten Gewirre von Strömungen kleinere warme Luftmengen mit größern kalten zeitweise zusammentreffen, ebenso wie das Umgekehrte stattfinden kann.

Wenn sich aber Wasserkügelchen gebildet haben, so kann deren Gefrieren, wenn es nicht durch eine innere Ursache erfolgt, bewirkt werden: 1) durch Berührung mit schon vorhandenen, etwa aus Dampf gebildeten Eiskrystallen. Auf diese Art scheinen mancherlei Schneegebilde, wie die mit Stielen und Fäden (wollige Klümpchen) versehenen zu entstehen, indem die Krystalle theilweise in das Sphäroid eindringen und dessen Wasser sich rasch ge-

1) Schumacher, Krystallisation des Eises, S. 93.

frierend an denselben hinaufzieht; — 2) durch Bewegung. Diese wird ihren Einfluss um so weniger geltend machen, je kleiner die Kügelchen sind, sehr leicht aber bei gröfseren, wie bei den Hagelkörnern. Dufour vermuthet auch die Dazwischenkunft der Electricität. In wiefern diese und andere Ursachen wirken, bleibt dahingestellt.

Fallen überkalte Wassertropfen herab, ohne dafs eine jener Ursachen vorher eingetreten ist, so entstehen Eisregen, deren ich selbst zwei beobachtet habe, die beide in einer äufserst ruhigen Atmosphäre herabfielen. Nur oberflächlich gefrorene Kugeln sind, wie schon bemerkt, Arago's dritte Art von Hagelkörnern. Gefrieren sie vor dem Herabkommen bis in's Innere, so erhalten wir Eiskugeln mit weifsem Kern und durchsichtiger, wenn sie aber längere Zeit in der Kälte verharret haben, mit zerklüfteter Oberfläche — ganz undurchsichtige Körner. Diese letztere Art von Gebilden ist aber fest und wohl zu unterscheiden von den leicht zerdrückbaren offenbar zusammengeballten Schneemassen, wie ich sie oben erwähnt habe. Ihre Bildung wird nur dann leicht möglich seyn, wenn die beiden Ströme eine niedrige Temperatur besitzen. Es scheinen ihr viele Schneefiguren anzugehören<sup>1)</sup>.

Wenn dagegen der warme Strom eine Temperatur über  $0^{\circ}$  hat, so wird die Oberfläche des Körpers, der selbstverständlich bald von dem einen, bald von dem andern dieser Ströme ergriffen und mit ihm fortgeführt wird, in jenem schmelzen. Sie kann alsdann im kalten Strom allerdings abwechselnd wieder gefrieren, aber nicht wohl mehr zerklüften.

Die Oberfläche wird aber im warmen Strome nicht blofs schmelzen, sie wird auch in der Regel Dampf condensiren. Ist die condensirte Wassermenge klein, so entsteht bei Wiederholung des Vorganges eine trübe Eismasse; ist sie grofs und die Kälte stark genug, so wird sie beim Gefrieren im kalten Strom auf die oben angegebene Weise einen weifsen Ring bilden, der den Kern nur dann ganz

1) Sitzungsber. der Wien. Akad. 35, S. 216—219.

und gleichmäfsig umschliessen wird, wenn irgend eine Ursache zu gleichmäfsiger Vertheilung, wie z. B. eine rotirende Bewegung, gegeben war; sonst findet eine theilweise Umschliessung statt, wie man sie meistens bei den Hagelkörnern findet. Hat sich ein Korn einmal nach einer Seite hin vergrößert, so wird die Wahrscheinlichkeit immer gröfser, dafs es nach dieser Seite hin immer mehr wächst, weil die durch Zuwachs vergrößerte Seite mit immer gröfserer Stabilität nach unten hängt, wohin das neu hinzukommende Wasser fließt; so bildet sich die Eiform aus. Die Spitze, welche nach L. v. Buch beim Herabfallen nach oben gerichtet ist, erhält nur einen geringen Zuwachs durch das hängengebliebene Wasser — der weisse Kern wird sich im oberen Theile des Kornes befinden und im Allgemeinen, um so weiter gegen die Mitte, je gröfser die erste gefrierende Kugel im Verhältnifs zu dem spätern Zuwachs war. Wie sehr übrigens diese einfachste Form durch vielfache Bewegung sich vermannichfaltigen kann, ist leicht ersichtlich.

Durch den eben beschriebenen Vorgang scheinen wie Hagelkörner, so auch viele Schneefiguren zu entstehen. Letzteres wird durch die mikroskopischen Untersuchungen Rohrer's<sup>1)</sup> bewiesen.

Haben sich in einer Wolke Eiskörner gebildet, ist ferner in dem warmen Strome eine oberflächliche Schmelzung eingetreten und treffen nun solche Körner zusammen, während sie wieder in den kalten Strom übertreten, so gefrieren sie aneinander. Läßt man ferner die sich verbindenden Körper in Form und Gröfse, von dem Schneekrystall bis zur vollständig und unvollständig ausgebildeten Kugel, vom verhältnißmäfsig außerordentlich kleinen bis zum gleichen Durchmesser derselben wachsen, bedenkt man ferner, dafs hiebei oft Zwischenräume entstehen müssen, dafs andererseits um einen solchen Complex sich wieder verbindende und ausfüllende Wassermassen condensiren können, dafs weiter bei heftigem Durcheinanderdrängen der Luftströme die Eismassen aufeinander schlagen müssen, dafs sie ferner

1) Sitzungsber. der Wiener Akademie Bd. 35, S. 218.



wie oben erwähnt, an der Verbindungsfläche mehrerer Kerne sich sehr leicht trennen; so wird keine Hagelform, die von Harting und die von Delcros untersuchten und oft erwähnten mit einbegriffen, mehr unerklärt bleiben<sup>1)</sup>.

Die Hagelbildung schlosse sich demnach genau an die Bildung der übrigen atmosphärischen Niederschläge an und unterschiede sich von diesen durch nichts als durch die Stärke der alle bedingenden Ursachen: der Temperaturdifferenz und des Feuchtigkeitsgrades der beiden Ströme.

Es blieben nun der Vorgang an sich, die einleitenden Umstände, die Form und Zahl der Wolken, der locale Charakter usw. näher zu betrachten. Davon jedoch in einem späteren Aufsätze!

---

#### V. Ueber einen Hydrophan von Czerwenitza; von E. Reusch.

---

**I**n seiner neuesten Arbeit über Gasdiffusion hat Graham statt des bisher gebrauchten Gypspropfes am oberen Ende des Diffusionsrohrs eine dünne Graphitplatte mit gutem Erfolge angewendet. Es hat mich das veranlaßt zu untersuchen, ob der so poröse Hydrophan sich nicht auch als diffundirendes Medium eigne: meine Vermuthung hat sich bestätigt. Während der Bearbeitung der hiezu nöthigen Platten bin ich überdiess auf eine artige Erscheinung gestoßen, welche unterdessen Allen, denen ich sie gezeigt habe, Vergnügen gemacht hat. Sie besteht kurz in Folgendem: eine etwa millimeterdicke, beiderseits polirte, Hydrophanplatte wird zuerst in *Alkohol* bis zu vollkommener Aufhellung gelegt, dann herausgenommen und abgetrocknet.

1) Pogg Ann. Bd. 13, S. 344, Bd. 16, S. 499, Bd. 17, S. 435, Bd. 114, S. 531. — Kämtz, Lehrb. der Met. Bd. II, S. 496, ff. — Schmid, Lehrb. d. Met. S. 764. — Harting, Skizzen aus der Natur, deutsch von Martin usw. usw.