Aus den Tabellen ersieht man, daß μ zwischen den 0,97 und 0,95 schwankt; man kann sie somit als constant für alle angewandten Eisenstäbe ansehen. Der Theorie nach müßte μ bei allen ideell weichen Eisenstäben eine absolute Constante seyn, unabhängig von der Stärke des Magnets und von den Dimensionen des Eisens. Meine Versuche bestätigen dieß theilweise; sie zeigen, daß μ unabhängig von der Stärke des Magnets und von der Länge der Stäbe ist. Ob die Dicke einen Einfluß darauf habe, behalte ich mir vor noch zu untersuchen.

Bei langen Stäben insbesondere wenn ihre Coërcitivkraft beträchtlich ist, muß man, wie leicht einzusehen, μ als eine Function von x ansehen; und in der That paßte für die ganze Länge der Stäbe sehr gut die Formel

$$z = A (m^{\alpha + \beta x})^x = A m^{\alpha x + \beta x^2}$$

oder, da hier β sehr klein war,

$$z = B (\mu_0^{(a+b)x} + \mu_0^{(a-b)x}).$$

Bensheim an der Bergstraße, im December 1864.

VI. *Ueber Temperaturerniedrigung bei der Absorption des Wassers durch feste poröse Körper; von C. G. Jungk.*

Pouillet hat schon im Jahre 1822¹⁾ nachgewiesen, daß wenn flüssige Körper von porösen festen Körpern absorbirt werden, eine Temperaturerhöhung eintritt. Er fand dieselbe bei unorganischen Körpern, wie Metallen, Oxyden, Erdarten 0,2° C. bis 0,3° C.; dagegen bei organischen Körpern bis zu +10°. So viel ich weiß, sind seitdem nicht wieder Versuche darüber angestellt worden, außer daß

1) Gilbert Bd. LXXIII S. 355. — Schweigg. J. 1822 *Ann. de Chim. et de Phys.* T. XX, p. 141.

Ventzke¹⁾ bei einer Vermischung von Knochenkohle mit einer Rohrzuckerlösung von 1,3 sp. G. und 85° bis 99° C. eine bis zur Explosion gesteigerte Erhitzung beobachtet hat; aber es sind seitdem Fragen aufgeworfen worden, die es wünschenswerth machen, jenen Erscheinungen näher zu treten, sie auf andere zurückzuführen oder mit ihnen in Zusammenhang zu bringen.

Der Umstand, daß auch bei der Absorption des Wassers durch reingewaschenen trockenen Flußsand eine Temperaturveränderung eintritt, schließt die Annahme aus, daß dabei chemische Thätigkeit die Ursache der Wärmeentwicklung sey, wenn nicht die Adhäsion als Anfang einer solchen angesehen werden soll. Auch Berührungselektricität dürfte dabei nicht in Betracht kommen. Es bleibt somit nur übrig, eine mechanische Arbeit, wie sie z. B. zur Verdichtung einer Flüssigkeit nöthig ist, als Ursache anzunehmen.

Da sich an den Gränzflächen von Flüssigkeiten eine sogenannte Flüssigkeitshaut bildet, in welcher die einzelnen Molecüle sich viel weniger leicht gegen einander verschieben lassen, so wird man auf eine Verdichtung der Flüssigkeiten an diesen Stellen hingewiesen; und außerdem zeigt eine Abhandlung von G. Rose »Ueber die Fehler, welche in der Bestimmung der specifischen Gewichte der Körper entstehen, wenn man dieselben im Zustande der feinsten Vertheilung wägt²⁾«, daß eine solche Verdichtung des Wassers an der Oberfläche fester Körper sich sogar bei genauen Wägungen bemerkbar macht, indem sich für ein und denselben Körper ein um so größeres specifisches Gewicht ergibt, in je feinerer Vertheilung derselbe angewendet wird. G. Rose erklärt dieß, und gewiß mit allgemeiner Zustimmung, durch die Annahme, daß die festen Körper an ihrer Oberfläche das Wasser verdichten und also um so mehr davon, je größer ihre Oberfläche ist. Auch die Erscheinung, daß Wasser in freien Tröpfchen

1) Dingler's J. Bd. CXXIX S. 144.

2) Pogg. Ann. Bd. LXXIII S. 1. — Polyt. Centralbl. 1848 S. 171.

und in engen Glasröhren eine um so niedrigere Temperatur ertragen kann, ohne zu gefrieren, je kleiner der Durchmesser derselben ist, wie Mousson¹⁾ und Dufour²⁾ beobachtet haben, deutet auf eine Verdichtung des Wassers an den Gränzflächen hin. Denn J. Thomson hat theoretisch und W. Thomson³⁾ experimentell nachgewiesen, daß der Gefrierpunkt des Wassers unter höherem Druck, also bei Verdichtung des Wassers sinkt, womit jene Erscheinung unter der Annahme einer Verdichtung des Wassers an den Gränzflächen übereinstimmen. Hiernach hat die Annahme, daß die Temperaturveränderung bei der Absorption des Wassers auf Verdichtung desselben beruhe, eine große Wahrscheinlichkeit für sich und fordert auf, ihre Richtigkeit auch in einzelnen speciellen Fällen experimentell zu bestätigen.

Sehr viele Erscheinungen sprechen für das Gesetz: »Jeder Körper wird wärmer oder kälter, je nachdem man an ihm Veränderungen, welche er durch Wärmeverlust, oder Veränderungen, welche er durch Wärmaufnahme erleidet, in anderer Weise hervorbringt« und keine Erscheinung widerspricht demselben. Ist dieses Gesetz durchgreifend, so muß Wasser, wofern es bei seiner Absorption durch poröse Körper verdichtet wird, dabei kälter oder wärmer werden, je nachdem seine Temperatur unter oder über $+4^{\circ}$ C. ist. Thomson, der für die Temperaturveränderung des Wassers bei plötzlicher Druckveränderung aus der mechanischen Wärmetheorie eine Formel abgeleitet hat, findet für eine Druckvermehrung von 10 Atmosphären bei Wasser von 0° nur eine Temperaturerniedrigung von $0,005^{\circ}$ C., und bei Wasser von 100° eine Temperaturerhöhung von $0,078^{\circ}$ C. Die geringen Temperaturveränderungen bei so hohem Druck lassen den experimentellen Nachweis solcher Erscheinungen bei der Absorption des Wassers sehr schwierig erscheinen. Aber andererseits deu-

1) Pogg. Ann. Bd. CV, S. 161.

2) Pogg. Ann. Bd. CXIV, S. 530.

3) Pogg. Ann. Bd. LXXXI, S. 161.

ten die von Pouillet beobachteten Temperaturerhöhungen von $0,2^{\circ}$ bis $0,3^{\circ}$ C., so wie die von G. Rose mit der Wage beobachtete Verdichtung auf eine so große Kraft der Adhäsion, daß eine experimentelle Entscheidung erwartet werden kann. Daher habe ich eine Reihe von Versuchen darüber angestellt. Dieselben bestätigen die obigen Folgerungen und machen es somit sehr wahrscheinlich, daß die Temperaturveränderung bei der Absorption des Wassers Folge einer Verdichtung desselben ist.

Pouillet stellte seine Versuche mit feinen Thermometern an, an denen 1° C. 30 bis 50 Millimeter Länge hatte. Da mir solche Instrumente nicht zu Gebote standen und auch nicht sicheren Erfolg versprachen, so wandte ich mich zum Thermomultiplikator. Einige vorläufige Versuche zeigten, daß schon ein Paar thermoelektrische Elemente aus Eisen und Neusilber, denen sich jede Form geben läßt, die Temperaturerhöhung bei der Absorption des Wassers am Multiplikator sichtbar macht, und ließen folgende Einrichtung als genügend erscheinen.

Drei Eisendrähte und zwei Neusilberdrähte von 6" Länge sind zu einer Thermosäule verlöthet, welche auf jeder Seite zwei Löthstellen und zu den Polen die Enden zweier Eisendrähte hat. Diese Säule ist halbkreisförmig gebogen, so daß alle Löthstellen in dieselbe Flüssigkeit tauchen können, während die Pole durch ganz dünne biegsame Drähte mit dem Multiplikator verbunden sind. Das eine Ende der Säule geht durch einen Kork, auf welchen ein Glascylinder, der etwa 1 Zoll Höhe, $\frac{3}{4}$ Zoll Durchmesser und einen siebförmigen Metallboden hat, aufgeklemmt werden kann, so daß, wenn der Cylinder mit einem porösen Körper gefüllt ist, die Löthstellen von diesem ganz eingehüllt und vom Siebboden etwa $\frac{1}{2}$ Zoll entfernt sind. Diese Säule ist so aufgehängt, daß, wenn sie in ein Gefäß hinabgelassen wird, die freien Löthstellen den Boden zuerst berühren, während der Siebboden des Glascylinders etwa noch $\frac{3}{4}$ Zoll entfernt ist und erst bei weiterem Senken mit seinen drei kleinen Füßchen (Zinntröpfchen) aufsteht. Die

so aufgehängte Säule ist in einem Glasgefäß, auf dessen Boden eine flache Metallschale steht, welches ohne Beeinträchtigung der Bewegung der Säule bedeckt werden kann, und welches sich im Freien vor dem Fenster befindet. Die Verbindung mit dem Multiplicator in der Stube ist durch die Fensterfugen hindurch vermittelt und zwar so, daß die Nadel des Multiplicators nach der rechten Seite des Beobachters abweicht, wenn die Löthstellen in dem kleinen Glasylinder erwärmt werden. Das Heben und Senken der Säule kann von der Stube aus durch den obern Flügel des Fensters gehandhabt werden. Mit dieser Vorrichtung wurde folgendermaßen verfahren. In die Metallschale wurde bis zu $\frac{1}{4}$ Zoll Tiefe Berliner Röhrenwasser gegossen, und der kleine Glasylinder wurde mit rein ausgewaschenem trockenem Sande bis zu $\frac{3}{4}$ gefüllt und auf den Kork der Säule so aufgeschoben, daß deren Löthstellen vom Sande umgeben und vom Siebboden etwa $\frac{1}{2}$ Zoll entfernt waren. Dann wurde die Säule so in das Glas gehängt, daß sie das Wasser gar nicht berührte, das Glas bedeckt und das Ganze 24 Stunden der Lufttemperatur ausgesetzt, die während der Versuche zwischen 0° und $+2^{\circ}$ R. schwankte. Darnach mußte die erreichbare Gleichheit der Temperatur in den verschiedenen Theilen des Apparats eingetreten seyn, was auch der Multiplicator durch seine Einstellung auf Null nachwies. Darauf wurde die Säule so weit gesenkt, daß sie mit den freien Löthstellen den Boden der Schale berührte, und der Stand der Multiplicatornadel betrachtet. War dieser constant und von Null wenig verschieden, so wurde die Säule so weit gesenkt, bis auch das Sieb aufstand, und das Wasser durch dasselbe hindurch vom Sande aufgesogen wurde, und nun der Gang und die endliche Stellung der Multiplicatornadel beobachtet. Darauf wurde zu einer folgenden Beobachtung der nasse Glasylinder entfernt, die Löthstellen getrocknet, und ein schon vorbereiteter, mit kaltem Sande gefüllter Glasylinder mit Siebboden an seine Stelle gebracht; dann wurde die Säule sofort mit den freien

Löthstellen ins Wasser getaucht und ein Stand des Multipliers abgewartet, der höchstens $\pm 1\frac{1}{3}^{\circ}$ von Null abwich, ehe durch Senken der Säule der Sand wieder benetzt und dabei der Gang der Multiplicatornadel beobachtet wurde. Die Ablenkung, welche bei einer Abkühlung der Löthstellen im Glascylinder eintraten, wurden mit —, die andern mit + bezeichnet. Die Resultate von 8 solchen Beobachtungen sind hiernach aus folgender Tabelle zu ersehen.

Lufttemperatur	Stand der Multiplicatornadel		
	ohne Strom	während d. Säule nur mit dem einen Ende im Wasser war	nach der Benetzung des Sandes
1°,5 R.		— 1°,5	— 10°
0		0	— 3
2	+ 0°,5	— 1	— 7
1	+ 1	0	— 6
1	+ 0,5	— 1,5	— 7
2	0	— 1	+ 3
1,5	— 1	— 1,5	— 7
0,75	— 1	— 1	— 8,5

Obwohl der sechste Versuch eine Erwärmung des absorbirten Wassers zeigt, und ich keinen speciellen Grund in den Umständen dafür finden konnte; so halte ich doch die sieben andern Beobachtungen für entscheidend, daß hier bei der Absorption des Wassers von weniger als $+4^{\circ}$ C. eine Temperaturerniedrigung eintritt. Denn 1) sicherte die geringe Schwankung in der Lufttemperatur, welche sich während eines Experiments nicht merklich änderte, eine sehr gleichmäßige Temperatur des Wassers, 2) mußte das Metallgefäß, welches auf Füßen stand, bewirken, daß das Wasser um die eingetauchten Löthstellen nicht etwa durch die metallische Zuleitung der in der Luft befindlichen Thermosäule eine andere Temperatur annahm als an andern Stellen, und 3) liefs die geringe Tiefe des Wassers es nicht zu, daß in den Sand Wasser aus andern Schichten drang, wie von den ersten Löthstellen berührt wurden.

Eingetretenes Schneewetter gab Gelegenheit statt des

Sandes Schnee anzuwenden; aber dabei zeigte sich die Handhabung des Apparats und das Lösen der Klemmen vor dem Fenster so unbequem, daß sichere Resultate nicht zu erzielen waren. Eine Unterbrechung der Versuche wurde daher dazu benutzt, eine andere Einrichtung der Thermosäule zu treffen, deren Handhabung bequemer und sicherer ist. Die Thermosäule ist von denselben Metallen, von derselben Form und in derselben Weise aufgehängt wie die vorige, hat aber auf jeder Seite 5 Löthstellen, und ihre eisernen, aber verzinnnten Polenden tauchen beim Senken der Säule in zwei gläserne Quecksilbernapfchen, mit welchen die Multiplicatorenden dauernd verbunden sind, und auch die Enden einer eisernen Nebenschließung in Verbindung gesetzt werden können, so daß der Multiplikator durch diese allein geschlossen werden kann. Diese Vorrichtung wurde angebracht, um den Strom, der etwa durch Ungleichheit in den Temperaturen der Quecksilbernapfe und der Zuleitungsdrähte unabhängig von den Temperaturunterschieden an den Löthstellen der Säule entsteht, schätzen zu können. Die Nebenschließung ist von Eisen, weil auch die Polenden der Säule Eisendrähte sind. Das Ganze befindet sich wie bei den vorigen Versuchen in einem bedeckten Glase auf dessen Boden die flache Metallschaale steht, ist aber im Zimmer aufgestellt, in welchem die Temperatur wenig um $+1^{\circ}$ R. schwankt. Die Beobachtungen mit dieser Vorrichtung sind in folgender Weise gemacht.

Die Metallschaale wurde mit einem Gemisch von Schnee und Wasser gefüllt, so daß für das Eintauchen des Siebes ein kleiner Wasserspiegel frei blieb. Die Thermosäule und der Glaszylinder wurden einige Zeit vor dem Fenster einer Temperatur von -7° R. ausgesetzt, letzterer dann mit Schnee von -7° bis zu $\frac{3}{4}$ vollgedrückt und auf den Kork der Thermosäule aufgeklemmt, so daß die Löthstellen in den Schnee drangen, und nun die Thermosäule so eingehängt, daß ihre Pole in das Quecksilber und ihre freien Löthstellen in das Gemisch aus Schnee und Wasser

tauchten. Dabei schlug die Multiplicatornadel nach links hin gegen die Hemmung. Nachdem sie sich etwa in 30 Minuten der Null genähert hatte, wurde die Säule so weit gesenkt, daß auch das Sieb ins Wasser tauchte und dieses in den Schnee eindringen liefs. Die dadurch bewirkte Ablenkung der Nadel wurde beobachtet. Um Zeit zu sparen wartete ich später nicht mehr ab, bis die Nadel nahe an Null stand. Nach jedem Versuch wurde noch bestimmt, welchen Stand die Nadel einnahm, wenn der Multiplicator nur durch die Nebenschließung und wenn er gar nicht geschlossen war. Die Resultate von zwölf solchen Beobachtungen sind in der folgenden Tabelle mit Beibehaltung der früheren Bezeichnungsweise zusammengestellt.

No.	Ablenkung am Multiplicator wenn er geschlossen ist durch			
	die Säule		Nebenschließung	nichts
	wenn nur die freien Löthstellen eintauchen	wenn auch der Schnee benetzt ist		
1	— 2°	— 11°	+ 2°	+ 0,5
2	— 2	— 12	+ 2	+ 0,5
3	— 0,5	— 0,5	+ 2	+ 0,5
4	+ 2	— 2	— 2	+ 1
5	+ 0,5	— 8	— 2,5	+ 0,5
6	— 17	— 21,5	— 5	+ 0,5
7	— 1	— 12	— 1,5	+ 0,5
8	— 28	— 30	— 3	+ 1
9	— 30	— 35,5	+ 1,5	0
10	— 35	— 37	+ 0,5	+ 0,5
11	— 10	— 12	— 0,5	+ 1
12	— 11	— 13,5	+ 6	+ 1

Die Ablenkungen der zweiten und dritten Spalte sind zum Theil so hoch, daß sie nicht mehr den wirkenden Strömen proportional sind. Drückt man sie in Einheiten vom Werthe des ersten Grades aus und zieht dann die in der dritten Spalte erhaltenen Zahlen ab, so erhält man die Zahlen, welche das Verhältniß der nur von der Temperatur der Löthstellen abhängigen Thermostrome geben, vorausgesetzt, daß der Strom bei der Nebenschließung gleich dem Strome ist, der bei Einschaltung der Säule unabhängig

von der Temperatur der Löthstellen entstehen kann. In dieser Weise ungeändert lautet die Tabelle

No.	Ablenkung am Multiplicator	
	wenn nur die freien Löthstellen ein- tauchen	wenn auch der Schnee benetzt wird
1	— 4	— 13,2
2	— 4	— 14,2
3	— 1,5	— 1,5
4	+ 4,2	+ 0,2
5	+ 3	— 5,5
6	— 12	— 18
7	+ 0,5	— 10,7
8	— 29,3	— 32,5
9	— 37	— 46,7
10	— 44,8	— 48,3
11	— 9,5	— 11,7
12	— 17,2	— 19,8

Die Versuche zeigen in allen Fällen eine Abkühlung des absorbirten Wassers, obwohl in den letzteren die Absorption vor sich ging, während der Schnee nach Angabe des Multiplicators kälter war als das Gemisch aus Schnee und Wasser, aus welchem das Wasser in den Schnee drang. Dafs die Zahlenwerthe der Temperaturveränderungen bei den einzelnen Versuchen so verschieden sind, kann es nicht zweifelhaft machen, dafs diese bei jedem Versuch eine Temperaturerniedrigung war; denn die Berührung zwischen den Löthstellen und dem Schnee liefs sich nicht immer gleich innig herstellen, so dafs eine quantitative Uebereinstimmung der Versuche zu erwarten gewesen wäre. Aber es kann zweifelhaft erscheinen, ob die Temperaturerniedrigung von der Verdichtung des absorbirten Wassers oder vom Schmelzen des Schnees herrührt; denn es ist bei der Berührung zwischen Wasser und Eis von 0° ebenso möglich, dafs dieses schmilzt, als dafs jenes sich verdichtet. Nach der Absorption des Wassers war der Schnee gewöhnlich von den Glaswänden des Cylinders etwas losgelöst, indem die einzelnen Krystalle wohl dichter aneinander gerückt waren, aber als eine gefrorene Masse erschien er nicht. Demnach

möchte man annehmen, daß die Temperaturerniedrigung durch Schmelzen des Schnees hervorgebracht wird, wenn man nicht zu berücksichtigen hätte, daß, nach Thomson, comprimirtes Wasser einen niedrigeren Gefrierpunkt hat, und das vom Schnee absorbirte Wasser, gerade wenn es verdichtet ist, nicht gefrieren kann, selbst wenn es bei dieser Verdichtung eine niedrigere Temperatur annimmt. Entscheidend bleiben daher nur die Absorptionerscheinungen, bei denen keine Schmelzung eintreten kann. Ich habe daher die Versuche mit dem Sande auch mit Hülfe der letzten Einrichtung wiederholt und noch auf Wasser von mehr als $+4^{\circ}$ C. ausgedehnt. Dabei habe ich dasselbe Verfahren beobachtet wie bei dem Schnee, indem ich vor jedem Versuch die Säule und den darauf geklemmten, mit trockenem Sande gefüllten Cylinder einer weit niedrigeren Temperatur aussetzte, als im Zimmer war und das zu absorbierende Wasser hatte, und damit wie oben verfuhr. Die Resultate dieser Versuche giebt folgende Tabelle.

Luft- temp. im Zim- mer	Ablenkung des Multiplicators wenn er geschlossen durch				Temperatur des Wassers
	die Säule wenn nur die freien Löth- stellen ein- tauchen	wenn auch der Sand benetzt ist	die Neben- schließung	nichts	
1° R.	— 15°	— 26°	— 1,5	+ 1	0° R.
»	+ 4	— 14	+ 0,5	+ 0,5	»
»	— 14	— 26	— 1,5	+ 1	»
»	0	— 24	+ 0,5	+ 0,5	»
»	+ 1	— 22	+ 0,5	+ 0,5	»
»	+ 13	— 26	+ 0,5	+ 0,5	»
5 ,5	— 1	— 9	— 3	+ 0,5	4 ,5
»	+ 0,5	— 9,5	— 3	+ 0,5	4 ,5
»	— 3	— 11,5	— 3	+ 0,5	4
6 ,5	— 3	+ 10	— 3	+ 0,5	5 ,5
»	— 1	+ 2	— 3,5		5
»	+ 3	+ 14	— 3	+ 0,5	5 ,5
»	0	+ 11	— 2	+ 0,5	6
»	+ 2,5	+ 7	— 3	+ 0,5	6
»	+ 2	+ 9	— 3	+ 0,5	»
»	— 4	+ 10	— 4	— 0,5	»

Nimmt man hiermit dieselben Veränderungen vor wie mit der vorigen Tabelle, so erhält man folgende

Lufttemperatur im Zimmer	Ablenkung des Multiplicators geschlossen durch die Säulen		Temperatur des Wassers
	wenn nur die freien Löthstellen eintauchen	wenn auch der Sand benetzt ist	
1° R.	— 14	— 27,7	0°
»	+ 3,5	— 14,9	0
»	— 12,5	— 27,7	»
»	— 0,5	— 26,9	»
»	+ 12,8	— 29,7	»
5 ,5	+ 2	— 6	4°,5 R.
»	+ 3,5	— 6,6	»
»	0	— 8,7	4
6 ,25	0	+ 13,1	5 ,5
»	+ 2,5	+ 5,5	5
»	+ 6	+ 17,4	5 ,5
»	+ 2	+ 13,2	6
»	+ 0,5	+ 10	»
»	0	+ 14	»

In Bezug auf die Temperaturbestimmung des Wassers ist zu bemerken, daß das Wasser von 0° ein Gemisch von Wasser und Schnee war, seine Temperatur also als genau angegeben zu betrachten ist. Die anderen Bestimmungen sind aber keineswegs genau. Sie sind mit einem kleinen Badethermometer gemacht, welches in das Glas hineingebracht werden konnte. Dasselbe konnte wegen der geringen Tiefe des Wassers höchstens nur mit der Hälfte der Kugel sich im Wasser befinden. Die Angaben desselben sind daher offenbar zu hoch, wenn die Lufttemperatur höher als die des Wassers ist. Die Temperatur des Wassers ist also, wenn das eintauchende Thermometer + 4° oder + 4°,5 R. zeigt, während die Lufttemperatur über + 5° ist, jedenfalls niedriger als + 4° R. Mit Rücksicht hierauf zeigt diese Versuchsreihe außer der Bestätigung der ersten auch noch den Umstand, daß die Temperaturveränderungen bei der Absorption des Wassers in der Nähe des Dichtigkeitsmaximums aus einer Temperaturer-

niedrigung in eine Temperaturerhöhung umschlägt, wie es in Uebereinstimmung mit andern Erscheinungen und der mechanischen Wärmelehre geschehen muß, wenn bei der Absorption des Wassers eine Verdichtung desselben eintritt.

Wenn sich, wie ich glaube, gegen die Beweiskraft meiner Versuche nichts einwenden läßt, so ist das Resultat der Untersuchung 1) *daßs Wasser bei seiner Absorption durch Sand seine Temperatur erniedrigt oder erhöht, je nachdem es vorher unter oder über $+4^{\circ}$ C. warm ist* 2) *daßs Wasser von 0° bei seiner Absorption durch Schnee seine Temperatur erniedrigt* 3) *daßs die Erscheinung als Folge einer Verdichtung des Wassers an der Oberfläche der festen Körper betrachtet werden kann.*

Mit diesen Resultaten stehen andere bekannte Erscheinungen in sehr enger Beziehung, so daßs hier etwas näher darauf hinzuweisen ist.

Clausius unterscheidet zwei verschiedene Ursachen der Gefrierpunktserniedrigung des Wassers 1) Bewahrung des Wassers vor jeder Erschütterung 2) Erhöhung des Drucks auf das Wasser d. i. Verdichtung desselben. Obwohl bei den schon eswähnten, von Mousson und Dufour beobachteten Erscheinungen zunächst hervortritt, daßs die Beweglichkeit des Wassers in den freien Tröpfchen und in den Glasröhren mit deren Durchmesser abnehmen muß und in Folge dessen eine Erniedrigung des Gefrierpunktes eintreten kann, so wirken doch höchst wahrscheinlich beide Ursachen. Denn in gewissen Fällen gefriert Wasser, welches die Form kleiner Kugeln hat oder an einem festen Körper adhärirt, bei einer Temperatur unter 0° selbst dann nicht, wenn es in Bewegung gesetzt wird. Dufour erwähnt in der oben angeführten Abhandlung S. 335 bis 337, daßs Wassertropfen, welche bei -4° bis -12° C. in einer Mischung von Chloroform und Süßmandelöl schwebten, selbst bei großer Gestaltsveränderung nicht gefroren; daßs bei -6 bis -7° C. eine Wasserkugel, mit einer Eiskugel berührt, sofort gefror, ohne anzuhafte, bei -3° bis -4° C. zwar auch sofort gefror, aber sich fest anhing,

indem ein Theil des Wassers sich auf dem starren Kügelchen auszubreiten suchte; dafs sich bei -2° aber das Wasser zunächst über die starre Kugel verbreitete, sie bald vollständig, bald unvollständig einhüllend, und dann erst gefror. Hier sehen wir also Wasser von -2° flüssig bleiben, während es sich über eine Eiskugel von -2° verbreitet, also gewifs erschüttelt ist. Diefs wird erklärlich, wenn man annimmt, dafs sich das Wasser dabei verdichtet und nicht nur seine Temperatur erniedrigt, sondern auch seinen Gefrierpunkt. Mousson erwähnt in der oben citirten Abhandlung, dafs in Glasröhren von 0^{mm},185 bis 0^{mm},341 und 0^{mm},7 Durchmesser Wasser bei -7° C. flüssig blieb, selbst wenn die Röhren durch Stöße erschüttelt wurden, ja in den erstern sogar dann noch, wenn das Wasser darin mit gefrierendem Wasser aufserhalb in Verbindung stand. Hier mufs wohl Verdichtung das Wasser an dem Gefrieren hindern; denn bisjetzt ist es, soviel ich weifs, noch nicht gelungen, Wasser in Berührung mit Eis durch Beseitigung aller Erschütterungen vor dem Gefrieren zu schützen bei Temperaturen unter 0° .

Es sind ferner von Faraday, Tyndall und Forbes mehrere Erscheinungen am schmelzenden Eise festgestellt worden, welche noch keine sichere Erklärung gefunden haben. Die Fundamentalerscheinung, welche wohl allen zu Grunde liegt, ist von Faraday 1850 beobachtet worden. Sie besteht darin, dafs zwei thauende Eisstücke, wenn sie sich berühren an der Berührungsstelle wieder zusammenfrieren. Später im Jahre 1850 hat Faraday¹⁾ noch gezeigt, dafs Eisstücke von 0° auch aneinander frieren, wenn sie ganz unter Wasser von 0° sind und miteinander in Berührung kommen.

Faraday's Erklärung dieser Erscheinung besteht in der Annahme, dafs ein Wassertheilchen, welches bei nur einseitiger Berührung von Eis seinen flüssigen Zustand erhalten kann, diefs nicht mehr im Stande ist, wenn es an beiden Seiten von Eis berührt wird, sondern dafs es bei

1) Pogg. Ann. Bd. CXI, S. 647.

gleichbleibender allgemeiner Temperatur erstarrt. Hiermit ist die Erscheinung eigentlich nicht erklärt, d. h. nicht auf andere schon bekannte Erscheinungen zurückgeführt, sondern sie ist nur benutzt, eine neue Bedingung, unter welcher Wasser erstarrt, festzustellen.

Forbes¹⁾ führt das Wiedierzusammenfrieren auf Person's Ansicht zurück, daß die Temperatur des Eises, welches sich in Wasser von 0° befindet, eine etwas niedrigere ist und an den äußersten Gränzflächen allmählich in 0° übergeht, wodurch hier eine Uebergangsschicht von Eis oder Wasser gebildet wird, die durch Zutritt von Wärme aus dem Wasser ganz flüssig und ohne dieß durch den Einfluß der niedrigeren Temperatur des Eises ganz fest zu werden geneigt ist. Treten nun zwei Eisstücke in Wasser von 0° miteinander in Berührung, so schneidet jedes dem andern an der Berührungsstelle die Wärme ab, welche ihm durch das Wasser zugeführt werden kann, und beide frieren durch die Uebergangsschicht zusammen.

Es ist sehr wahrscheinlich, daß in jedem Körper, dem durch Leitung Wärme entzogen oder zugeführt wird, an den Stellen, wo eine Aggregatsveränderung eintritt, auch ein Sprung in dem Temperaturzustande stattfindet. Indessen ist diese Erklärung richtig oder vielmehr die damit angenommene Ursache die allein wirksame, so ist die in Rede stehende Erscheinung bei allen Körpern zu erwarten, welche allmählich von außen nach innen schmelzen; denn bei allen diesen ist aus denselben Gründen anzunehmen, daß die Temperatur des festen Theils inwendig eine niedrigere ist als die des flüssigen, und daß an der Gränze beider sich eine Uebergangsschicht bildet. Faraday²⁾ hat, wenn auch nicht um über diese Erklärung zu entscheiden, mit andern Körpern Versuche angestellt und nur bei geschmolzenem Salpeter zuweilen Spuren des Wiedierzusammenfrierens bemerkt. Indem er in Bezug hierauf erwähnt, daß Salpeter wie das Wasser beim Erstarren sich ausdehnt, scheint er

1) Pogg. Ann. Bd. CIX S. 176.

2) Pogg. Ann. Bd. CXI, S. 656.

darauf hinzudeuten, daß diese Eigenschaft eine wesentliche Rolle dabei spiele. Sollte sich dies in weiteren Versuchen bestätigen, so wäre die von Forbes angenommene Ursache für das Zusammenfrieren zweier thauenden Eisstücke wenigstens unzureichend.

Thomson erklärt die Erscheinung dadurch, daß zwei feste Stücke nicht ohne Druck in Berührung gebracht werden können, und daß dieser Druck, wie gering er auch sey, an der Stelle, wo sich die Theilchen berühren, eine Schmelzung verursache, begleitet von einer Schwächung des Drucks und einem Wiedererstarren des Wassers an der Berührungsstelle.

Obwohl diese Erklärung die Eigenschaft des Wassers, beim Erstarren sich auszudehnen also durch Druck flüssig zu werden, zur Grundlage hat, wird sie von Faraday doch nicht anerkannt, weil der bei dem Zusammenfrieren wirkende Druck viel zu unbedeutend ist, als daß er eine Schmelzung hervorbringen könnte, und weil die Annahme, daß dieser Druck durch Capillarattraction genügend vermehrt werde, unzulässig ist, da Eisstücke auch unter Wasser wieder zusammenfrieren, wo die Capillarwirkung beseitigt ist.

Es ist nun die Frage, ob die Resultate der gegenwärtigen Untersuchung zur Erklärung des Wiederzusammenfrierens thauender Eisstücke etwas beitragen können?

Geht man von der Annahme aus, daß Wasser in Berührung mit festen Körpern sich innerhalb einer sehr kleinen Entfernung von deren Oberfläche verdichtet, so folgt, daß, wenn sich zwei feste Körper im Wasser bis auf diese kleine Entfernung an gewissen Stellen einander nähern, das Wasser hier noch mehr verdichtet wird. Hat dasselbe eine Temperatur unter $+4^{\circ}$ C. so wird es dabei kälter, wird also unter 0° kalt, wenn es vor der Verdichtung diese Temperatur hatte. Obwohl dieses verdichtete, unter 0° abgekühlte Wasser selbst nicht gefrieren kann, da sein Gefrierpunkt durch die Verdichtung gesunken ist, so kann es doch angränzendes außerhalb der Verdichtungssphäre lie-

gendes Wasser zur Erstarrung bringen und so beide Körper fest verbinden, wofern nicht diese Körper eine zu schnelle Ausgleichung der Temperaturunterschiede herbeiführen.

Diese Betrachtung reicht meiner Meinung nach hin, das Wiederzusammenfrieren thauender Eisstücke und das Zusammenfrieren anderer festen Körper mit solchem Eise, wie es Faraday und Forbes in den oben citirten Abhandlungen erwähnen, erklärlich zu machen, und hat zur Grundlage eine Thatsache und eine Annahme, die nach den Beobachtungen von G. Rose auch eine Thatsache zu nennen ist. Man kann daher nicht sagen, daß bei dieser Erklärung Wirkungen angenommen werden, welche sich nicht wahrnehmen lassen. Da aber eine genaue Werthabschätzung der einzelnen Kräfte und ihrer Wirkungen unmöglich ist, so kann man nicht behaupten, daß die zu dieser Erklärung herbeigezogenen Kräfte die allein mitwirkenden sind. Es ist wohl möglich, daß auch die von Forbes angenommene Kraft dabei thätig ist, da beide einander wohl unterstützen können, und daß weder die von mir noch die von Forbes geltend gemachte Kraft allein im Stande ist, die beobachtete Wirkung hervorzubringen.

Noch will ich bemerken, daß die Allgemeinheit, in welcher obige Betrachtung gehalten ist, Folgerungen veranlassen konnte, die sich experimentell wahrscheinlich nicht erweisen lassen, z. B. die Folgerung, daß auch zwei Glasstücke oder zwei Metallstücke unter Wasser von 0° an der Berührungsstelle zusammenfrieren. Wahrscheinlich wird das nicht geschehen; einmal weil die Ausgleichung der Temperaturunterschiede zu schnell vermittelt wird, und dann, weil wegen der Starrheit der Massen nicht eine so innige Berührung eintritt, wie bei Eisstücken, welche an der Oberfläche flüssig oder in einem Uebergangszustande sind, der das Erstarren begünstigt.

Obwohl die Plasticität des Eises, welche von Faraday und Tyndall nachgewiesen ist und darin besteht, daß in kleine Stücke zermaltes Eis sich durch Druck wieder in

ein homogenes festes Eisstück verwandeln läßt, sich sehr gut aus der Erniedrigung des Gefrierpunktes des Wassers unter Druck erklären läßt, wie J. Thomson gezeigt hat, so ist doch sehr wohl möglich, daß auch die von mir beobachtete Erscheinung dabei mitwirkt, wenn erst durch Druck ein Theil des Eises flüssig wird und der andere zermalmte Theil einen porösen Körper bildet, der den flüssigen Theil absorbirt.

VII. *Die schwarzen Linien und Ablosungen
in den Meteoriten;
von Freihern von Reichenbach.*

XXV.

Vorwort.

Die Reihenfolge gegenwärtiger Abhandlungen, vergleichende Untersuchungen über die Meteoriten betreffend, ist einige Zeit unterbrochen worden. Die Ursache davon lag in meinem Wunsche, meine autoptischen Kenntnisse über die ganze Erscheinung der Meteoriten durch Besuch der größern europäischen Sammlungen zu vervollständigen. In dieser Absicht machte ich mich im Sommer 1861 auf den Weg und hatte den Genuß, folgende Sammlungen zu sehen:

- Zu München die Sammlung der Akademie;
- Zu Paris die Sammlung im *Jardin des Plantes*;
- Ebendasselbst die Sammlung der *Ecole des Mines*;
- Zu Dampierre die des Herzogs von Luynes;
- Zu London die des britischen Museums;
- Ebendasselbst die der *Geological Institution*;
- Zu Woodberry bei London die des Hrn. Nevill;
- Zu Göttingen die der königl. Universität;
- Zu Berlin die des königl. Universitätsmuseums;