rischen Academie schon im Jahre 1877 die eben besprochene Methode zum Gegenstand eines eingehenden Studiums machte.

Die Herren Schuller und Wartha haben aus ihren Versuchen in anderer Weise die wahre chemische Energie des Knallgases berechnet und 28810,7 mittlere Wassercalorien dafür gefunden. Dies entspricht 360,765 Eiscalorien. Diese Zahl ist um 5,52 Eiscalorien grösser, als meine Zahl, was einfach daher rührt, dass die Herren Schuller und Wartha jene Wärmemenge, welche durch das Einströmen der Gase im Vacuum erzeugt wird, bei der Berechnung von der wahren Energie nicht abgezogen haben. Diese Menge haben wir oben mit Q bezeichnet, dieselbe berechnet sich nach der angeführten Formel zu 5,057 Eiscalorien. Zieht man diese ab, so findet man 355,708 Eiscalorien, welche Zahl nur um 0,13% grösser als die von mir abgeleitete Zahl ist.

Schliesslich erwähne ich, dass die Schärfe der von mir beschriebenen Methode es gestattet hat, zu untersuchen, ob die chemische Energie des Knallgases mit dem Anfangsdrucke veränderlich ist oder nicht. Die hierauf bezüglichen Versuche sind zum grössten Theile beendet, und ich hoffe bald über das Resultat derselben berichten zu können.

Budapest, am 14. Februar 1881.

V. *Ueber die angebliche Erhitzung des Eises;* *von A. Wüllner.*

Der im vorigen Herbst zuerst und dann in einer der letzten Nummern der Nature (vom 10. Febr. p. 341) ausführlich mitgetheilte Versuch des Hrn. Carnelley, nach welchem im luftleeren Raume das Eis erheblich über 0° , Hr. Carnelley gibt sogar 180° an, erhitzt werden kann, würde uns im Falle der Richtigkeit der Beobachtung ein von allen unseren Erfahrungen und Anschauungen abweichendes Verhalten der festen Körper zeigen. Es schien mir daher hinreichend interessant, den leicht anzustellenden Versuch zu wiederholen, um so mehr, da derselbe in den Berichten der

deutschen chemischen Gesellschaft schon zu theoretischen Discussionen Anlass gegeben hat. Das Resultat des Versuchs war, dass er in der That in allen Einzelheiten in der Weise verläuft, wie ihn Hr. Carnelley beschrieben hat, mit dem Unterschiede nur, dass, so lange das Gefäss des Thermometers ganz mit Eis umhüllt ist, das Thermometer keine Temperatur über etwa -3° C. anzeigt.

Die von mir angewandte Anordnung des Versuchs, welche so bequem ist, dass man denselben als Vorlesungsversuch zeigen kann, ist folgende. Eine im Lichten etwa 2 cm weite, 10 cm lange, unten rund zugeschmolzene und gut gekühlte Glasröhre steht durch das angeschmolzene Verbindungsrohr *V* mit dem Raume der Kugel *K* Fig. 3 Taf. I in Verbindung, welche einen Durchmesser von etwa 6 cm hat. Das Rohr *V* führt nach Zwischensetzung der erforderlichen Trockenapparate zur Quecksilberluftpumpe. Das Rohr *R* dient zur Aufnahme des Thermometers mit dem umfrorenen Eiscylinder, die Kugel *K* als Vorlage, welche durch Umgebung mit einer Kältemischung auf einer hinreichend niedrigen Temperatur gehalten wird, etwa -16° C. Man umgibt zunächst die Röhre *R* mit einer Kältemischung von Schnee und Kochsalz.

Das in einem die Röhre *R* nach seinem Einsetzen luftdicht schliessenden Gummistopfen befestigte Thermometer *T* umgibt man mit dem das Gefäss des Thermometers vollständig bedeckenden Eiscylinder, indem man es in ein Reagenzgläschen steckt, dessen lichte Weite 4 bis 6 mm grösser ist als der Durchmesser des Thermometers, das Gläschen bis etwa 1 cm oberhalb des Thermotergefässes mit Wasser füllt und das Wasser in einer Kältemischung gefrieren lässt. Wenn man dann das Reagenzgläschen mit der Hand etwas erwärmt, so zieht man den am Thermometer hängenden Eiscylinder leicht aus dem Röhrchen heraus. Derselbe umgibt das Thermometergefäss in einer Dicke von etwa 2 mm. Man senkt darauf das Thermometer mit dem Eis in die Röhre *R* und setzt den Gummistopfen fest ein, sodass die Röhre luftdicht geschlossen ist, umgibt die Kugel *K* mit der Kältemischung und pumpt den Apparat so weit wie möglich luftleer. Die Leere lässt sich so gut erreichen,

dass man am Manometer keine Niveaudifferenz mehr erkennen kann. Ist das erreicht, so nimmt man die die Röhre *R* umgebende Kältemischung fort, trocknet die Röhre ab, und wartet, bis sich dieselbe auf die Temperatur der Umgebung erwärmt hat. Das von dem Eiscylinder umgebene Thermometer zeigt dann meist die niedrige Temperatur der Kältemischung.

Man erhitzt nun die Röhre *R* vorsichtig mit der Flamme eines Bunsen'schen Brenners; das vom Eis umgebene Thermometer steigt dann rasch, bleibt dann aber bei etwa 3° unter Null stehen. Das Eis verdampft sehr schnell, und nach wenigen, vielleicht 5 Minuten, bildet sich, wenn man von unten her erwärmt, an dem unteren Theile des Thermometergefässes ein vom Eis freier Ring. Sowie derselbe entstanden ist, steigt das Thermometer, wird aber kaum 0° , so lange nur etwa ein Drittel des Thermometergefässes frei ist. Mit fortschreitendem Verdunsten des Eises und Freiwerden des Thermometergefässes steigt dann aber die Temperatur schnell.

Auffallend war, was auch Carnelley angibt, dass selbst wenn das Thermometer schon 20 bis 30° über Null zeigte, der unten am Thermometergefäss hängende Eistropfen nicht abfiel, wenn auch schon die ganze das Gefäss umgebende Eisschicht abgedunstet war; auch am Stiel des Thermometers blieb meist eine Eisschale längere Zeit haften. Erst als das Thermometer bei einem Versuche 50° , bei einem anderen zwischen 30 und 40° zeigte, fiel der Eistropfen und fast gleichzeitig die am Stiel gebliebene Schale; beide Eisstückchen spielten dann wie der Leidenfrost'sche Tropfen auf dem heissen Glase umher und verdunsteten sehr schnell. Schmelzung des Eises tritt nicht ein, wenn man den Apparat gehörig ausgepumpt hat und dafür sorgt, dass die Kugel *K* recht kalt gehalten wird. Da die Thermometer, welche ich benutzte, und das ist meistens der Fall, unten eine kleine Verdickung des Glases haben, so vermute ich, dass, so lange der Tropfen dort hing, die Temperatur des Glases, an dem das Eis haftete, noch nicht 0° war. Das Gleiche wird für den Stiel gelten, an dem oben der Eisring haftete, da auch

dieser dick im Glase ist. Dass bei sehr rascher Erhitzung das Thermometer erheblich höher steigen kann, ehe an derartigen Stellen das letzte Eis abfällt, ist nicht zu bezweifeln.

Damit in der angegebenen Weise bei so starker Erhitzung das Eis nur verdampft, nicht schmilzt, darf die Eisschicht nicht zu dick sein; wie dick sie werden darf, habe ich nicht näher verfolgt; bei einem Versuche indess, bei welchem ein mit Kugel versehenes Thermometer mit einer darum gefrorenen Kugel von 1 bis 1,5 cm Schalendicke verwandt wurde, trat Schmelzung ein. Bei diesem Versuche war die Röhre *R* durch eine Kugel von nahezu demselben Durchmesser wie die Kugel *K* ersetzt. Man hatte dann zur Herstellung der Eishülle die Kugel direct so mit Wasser gefüllt, dass die im Mittelpunkt der Kugel befindliche Thermometerkugel hinreichend tief im Wasser war, und dann das Wasser gefrieren lassen. Es wurde darauf durch Eintauchen in warmes Wasser von der so gebildeten Eiskugel so viel fortgeschmolzen, dass die Thermometerkugel von einer Schale der angegebenen Dimension umgeben war, und das gebildete Wasser abgegossen. Dann wurde der Apparat an die Pumpe gebracht und zunächst die Eiskugel mit einer Kältemischung umgeben, damit das Eis ganz trocken wurde. Der Apparat wurde ausgepumpt, die Kugel *K* mit Kältemischung umgeben und die das Eis umgebende Kältemischung fortgenommen. Das Thermometer im Eis zeigte dann -17° . Nachdem die das Eis enthaltende Glaskugel getrocknet, wurde sie mit der Flamme des Bunsen'schen Brenners erhitzt. Das Thermometer stieg rasch, und als es 0° zeigte, trat Schmelzung des Eises, nicht an der Oberfläche, sondern von innen heraus ein, sodass das Wasser in kleinen Tropfen aus der Oberfläche der Kugelschale hervordrang. Es machte den Eindruck, wie wenn an einzelnen Stellen der Kugeloberfläche Blasen herausgetrieben würden. Wurde dann die Flamme entfernt, so gefror das Wasser wieder, und das Thermometer sank. Bei erneutem Erhitzen trat jedesmal das Schmelzen des Eises ein, sobald das Thermometer über 0° stieg; man konnte es auf etwa 1° bringen, wobei aber dort, wo der Stiel aus der Eisschale hervortrat,

sich eine Höhlung gebildet hatte, und die Thermometerkugel augenscheinlich mit Wasser umgeben war. In der Zeit von 40 Minuten, innerhalb deren das Erhitzen bei eintretender Schmelzung mehrfach unterbrochen war, waren 12 g Eis in die Kugel *K* hinüberggegangen, wie eine gleich nachher vorgenommene Bestimmung der in dieser Kugel vorhandenen Wassermenge ergab.

Begnügt man sich indess, die Temperatur der das Eis enthaltenden Kugel nur bis zu derjenigen des siedenden Wassers etwa zu bringen, so kann man auch bei so dicken Eiskugeln das Verdunsten ohne Schmelzung erhalten, es steigt dann aber nie das Thermometer auf 0°. Ich umgab die das Eis enthaltende Kugel mit Wasser, indem ich ein Becherglas darunter schob, und hielt das Wasser stundenlang durch Einleiten von Dampf auf etwa 94°. Es trat keine Schmelzung ein, aber das Thermometer stieg auch nur auf etwa - 1,5°. Bei einem Versuche, bei dem ich die Eisschale vorher nicht durch Abschmelzen verdünnt hatte, wurde in dieser Weise etwa fünf Stunden lang erhitzt, eine nachträgliche Bestimmung der in der Kugel *K* vorhandenen und der in der Eiskugel zurückgebliebenen Wassermenge ergab, dass die Eisschale ursprünglich 75 g gewogen hatte, von denen 42 g in die Kugel *K* hinüberggegangen waren.

In dieser Form ist der Versuch zur Demonstration der Verdampfung des Eises und des starken, dabei eintretenden Wärmeverbrauchs in Vorlesungen sehr geeignet, da man nicht zu befürchten braucht, dass etwa abfallende Eisstückchen das Glas springen machen, was bei der Erhitzung mit der Flamme eintritt, wenn das Glas nicht heiss genug ist, um das Leidenfrost'sche Phänomen hervorzurufen. Man kann dann einen wirklich gut ausgepumpten Kryophor, in dessen eine Kugel ein Thermometer eingeschmolzen ist, dazu benutzen, und hat so den Versuch immer in Bereitschaft. Nur muss man dafür sorgen, dass der Hals der als Vorlage dienenden Kugel, soweit er in die Kältemischung taucht, weit genug ist, da sonst das hinüberdestillirende Eis den Hals verstopft, wie es mir bei einigen Versuchen ergangen ist. Es versteht sich von selbst, dass dann sofort Schmelzung eintritt.

Aus allen den Versuchen folgt, dass, so lange das Thermometergefäss vollständig mit trockenem Eis umgeben ist, seine Temperatur nicht 0° erreicht; steigt das Thermometer höher, so ist entweder das Thermometergefäss nicht mehr ganz mit Eis bedeckt, oder es ist bei dickeren Eisschichten mit Wasser umgeben.

Aachen, den 6. März 1881.

VI. Ueber die Doppelbrechung des Lichtes in bewegten reibenden Flüssigkeiten; von A. Kundt.

1.

Es ist schon mehrfach die Frage aufgeworfen, ob der Zustand ungleicher Spannung, welcher in einer plötzlich deformirten reibenden Flüssigkeit stattfinden muss, eine Doppelbrechung des Lichtes in der Flüssigkeit bedinge, wie eine solche in festen, ungleich dilatirten Körpern auftritt.

Im Jahre 1873 hat Mach¹⁾ eine Reihe von Versuchen über die Doppelbrechung in halbfliessigen (plastischen) Körpern angestellt. Es gelang ihm, in Glasstäben, die in der Flamme weich geschmolzen und nun schnell gebogen wurden, eine momentane Doppelbrechung zu beobachten, die nicht auftrat, wenn die Biegung langsam erfolgte.

Sodann erhielt er eine sehr kurz andauernde Doppelbrechung, als er stark eingedickte Metaphosphorsäure oder Canadabalsam heiss in eine Form goss, erkalten liess und dann mit einer Presse schnell comprimirte; das Verschwinden der Doppelbrechung nach der Deformation wurde zwar nicht genau gemessen, doch konnte dasselbe mit einer einfachen Methode wenigstens dem Gange nach annähernd verfolgt werden. Mach meint, dass die Grösse der Doppelbrechung, vom Moment der Compression an, sich durch den

1) Mach, Optisch-Akustische Versuche. Prag 1873.