

Sitzung vom 22. Mai 1871.

Präsident: Hr. A. Baeyer.

Der Präsident erwähnt, dass die auswärtigen Mitglieder, HH. Mendelejeff aus Petersburg und Engler aus Halle, anwesend sind; ferner als Gäste die HH. Prof. Bunge aus Kiew, Pirelli aus Mailand und Roberts aus Warrington.

Nach Genehmigung des Protocolls werden als auswärtige Mitglieder gewählt:

die Herren

R. Bindschädler, Basel.

Peter Cillis, Karlsruhe.

Dr. Franchimont, Bonn.

Fr. Landolph, Stud. chem., Bonn.

A. Prinzl, Chradzin in Böhmen.

A. Rinne, Dr. phil., Bonn.

H. Schwanert, Professor, Greifswald.

Hr. V Meyer kündigt einen Antrag der HH. Gräbe u. Genossen für die General-Versammlung vom 12. Juni an.

Mittheilungen.

145. Friedr. Mohr: Gegenbemerkungen zu der Mittheilung des Herrn Clausius auf S. 269 dieser Berichte (IV).

(Vorgelegt in der Sitzung vom 24. April von h.n. C. A. Knop.)

Hr. Clausius bezieht sich an jener Stelle auf zwei von ihm früher publicirte Arbeiten in Pogg. Ann. 87, 501 und 115, 1, um nachzuweisen, dass der von mir gebrauchte Ausdruck, die Magnuschen Versuche über die ungleiche Leitungsfähigkeit der Gase für Wärme seien vollkommen unerklärt, nicht richtig sei. In der ersten Arbeit (Pogg. 87, 501) schliesst sich Hr. Clausius der von Poggen-dorff schon früher geäusserten Ansicht an, dass das Erkalten eines galvanisch glühenden Drahtes in verschiedenen Gasen nach denselben Gesetzen geschehe, welche Dulong und Petit für das Erkalten eines auf gewöhnliche Weise erhitzten Körpers festgestellt haben. Dieser Vergleich ist jedoch selbst *mutatis mutandis* nicht zutreffend, denn bei Dulong und Petit wird aus der Erkaltungsdauer auf die Wärme-

menge geschlossen, und die Ursache der Wärmeleitung, ob Strahlung ob Leitung, ist gleichgültig; bei dem galvanisch glühenden Drahte ist die Wärme constant, und der Unterschied der Erscheinung liegt in der ungleichen Erhitzung in verschiedenen Gasen. Das zu Erforschende ist die Art der Wärmeleitung und die Ursache ihrer Verschiedenheit. Den Ausgangspunkt bildet die Beobachtung von Grove (Pogg. Ann. 71, 194), dass Wasserstoffgas das Glühen eines galvanisch erhitzten Drahtes auslöscht, dass aber Sauerstoff und Kohlensäure als Umgebung das Glühen erhöhen. Dass hier das leichtere Gas das Glühen am meisten verhindert, ist eine Beobachtung; dass man dem leichteren Gase eine grössere Leitungsfähigkeit für Wärme zuschreibt, ist ein Anfang einer Erklärung, aber keine vollständige und keine bewiesene. Hr. Clausius geht (l. c. S. 503) von dem falschen Satze aus ($H = ACJ^2$), dass die im Drahte frei werdende Wärme dem Leitungswiderstand und dem Quadrat der Stromstärke proportional sei. Der Leitungswiderstand spielt bei dem galvanisch glühenden Drahte gar nicht mit, denn man wendet in allen Gasen denselben Platindraht an, hat also immer denselben Leitungswiderstand; und dass die Wärme nicht dem Quadrat der Stromstärke, sondern einfach der Stromstärke proportional sei, geht daraus hervor, dass die Stromstärke den Zinkverbrauch proportional ist, und ebenso die Wärme dem Zinkverbrauch proportional ist und sein muss. Es würde zu weit führen, diesen Satz hier weiter zu verfolgen, um so mehr, als er auf die vorliegende Frage keinen Einfluss hat. Dass Hr. Clausius den Grove'schen Versuch an jener Stelle „weitläufig besprochen“ habe, wie er selbst sagt, will ich nicht in Abrede stellen, dass er aber den Schlüssel dazu gefunden habe, wird man nicht behaupten können.

Die zweite Arbeit, welche Hr. Clausius selbst eine ziemlich ausgedehnte (56 Seiten) nennt, enthält ebensowenig eine vollständige und deutliche Erklärung der Erscheinung. Sie endigt S. 56 mit dem Satze 4:

„Das Wärmeleitungsvermögen ist bei leichteren Gasen grösser als bei schwereren, und muss daher insbesondere beim Wasserstoff bedeutend grösser sein als bei anderen Gasen.“ Das ist, wie schon erwähnt, eine Beobachtung, aber keine Erklärung, und der Schluss auf den Wasserstoff ist ganz unberechtigt, denn am Wasserstoff ist die erste Beobachtung gemacht worden.

Der dritte Satz: „Die Wärmeleitung ist unabhängig von dem Drucke, unter dem das leitende Gas steht“, ist offenbar falsch, und auch das Gegenteil desselben von Hrn. Clausius (Pogg. Ann. 87, 513) als mit der Theorie übereinstimmend bezeichnet, weil Grove (Pogg. Ann. 71, 196) schon die Erfahrung gemacht hatte, dass der Draht in verdünnter Luft heisser wird, als in verdichteter. Wenn überhaupt die Wärmeübertragung durch Anstoss der Gasmoleküle

einerseits an den heissen Draht, andererseits an eine kältere Umgebung stattfindet, so muss sie um so stärker sein, je mehr Gasmolecüle anstossen. Dies wird denn auch durch den Versuch von Grove bestätigt, und es scheint fast, als ob Hr. Clausius seiner mathematischen Entwicklung eine grössere Bedeutung beilege, als dem Versuche von Grove, den er citirt, ohne etwas dagegen einzuwenden. Die rein mathematische Behandlung dieser Fragen, wie sie Hr. Clausius liebt, führt ihn in dem zweiten Aufsatz zur Entwicklung von 60 Gleichungen und 17 Formeln, die aber alle todt bleiben, weil er keine Zahlen hat, um sie in die Gleichungen einzusetzen. Der einzige Fall, wo er zu einer concreten Zahl gelangen will (S. 53), nöthigt ihn, sich auf eine Berechnung von Maxwell zu beziehen, die dieser auf Angaben (!) über Reibung bewegter Luftmassen und über die Diffusion der Gase in Betreff der mittleren Wegelänge der Molecüle angestellt hat. Diese Art von Beweisführung kann kein Vertrauen erregen. Der erste jener 4 von Hrn. Clausius angeführten Sätze besagt: „Die Gase leiten die Wärme bedeutend schlechter, als die Metalle.“ Ich glaube kaum, dass er darauf ein besonderes Gewicht legt, und übergehe ihn deshalb. Die Berechnung der relativen Geschwindigkeit der Gasmolecüle aus ihrem spezifischen Gewicht und der gleichen Spannung (S. 53) geht aus dem allgemeinen Satze hervor, dass die Bewegungsgrösse gleich dem Product aus Masse und Quadrat der Geschwindigkeit ist, und ist sowohl von ihm, von Krönig, Graham, wie von mir und Anderen in gleicher Art entwickelt, ohne dass einer dafür die Priorität in Anspruch nimmt. Die Entwicklung der absoluten Geschwindigkeit auf S. 19 ist mir nicht klar genug. Um die Geschwindigkeit der Molecüle zu bestimmen, heisst es dort, wählen wir irgend eine Richtung, welche mit der x Axe einen Winkel bildet, dessen Cosinus u ist, und betrachten die Molecüle (wie? womit?), welche sich in dieser Richtung bewegen. Ehe ein solches Molecül in unsere unendlich dünne Schichte mit der Abscisse x eintritt, hat es im Allgemeinen seit seinem letzten Zusammenstosse schon einen gewissen Weg durchlaufen. Nennen wir diesen Weg s , so ist die Abscisse des Punktes, wo der letzte Zusammenstoss stattfand, $x - \mu x$ und dadurch die Geschwindigkeit des Molecüls bestimmt (!), indem nach obiger Annahme (!) die Geschwindigkeit nur von der Abscisse des Stosspunktes und von der Bewegungsrichtung abhängt etc.“ Nach der Gastheorie besitzen die Gasmolecüle eine geradlinige und gleichmässige Bewegung, also an jeder Stelle ihrer Bahn dieselbe Geschwindigkeit, und es kann gar nicht auf den Weg ankommen, den sie seit dem letzten Zusammenstoss zurückgelegt haben.

Es ist nicht einzusehen, wie man auf diesem Wege zu praktischen Resultaten kommen will. Einmal muss doch gemessen werden, wenn gerechnet werden soll. Die Unfehlbarkeit, welche die mathematische

Behandlung in Anspruch nimmt, steht ohne Messungen auf keinen festeren Füßen, als eine andere.

So entwickelt auch Hr. Clausius in Pogg. Ann. 125, 373, 71 Gleichungen und Formeln, welche als für die Anwendung bequem bezeichnet werden, und kommt zuletzt zu zwei Resultaten:

- 1) Die Energie der Welt ist constant,
- 2) Die Entropie der Welt strebt einem Maximum zu.

Der erste Satz ist nicht neu und von I. R. Mayer mit grosser Bestimmtheit ausgesprochen, und fällt überhaupt mit dem Gesetz von der Erhaltung der Kraft zusammen. Der zweite Satz ist aber nicht wahr, weil er das Entstehen der Welt in der Zeit voraussetzt und zu dem Schlusse nöthigt, dass Dinge (Kraft und Stoff), welche in der Zeit unvergänglich, unvernichtbar sind, in der Zeit sollen entstanden sein. Ausserdem haben wir auf unserer Erde die Umsetzung von Wärme in Kraft (Massenbewegung) seit undenklichen Zeiten im vollkommenen Gleichgewicht mit dem Uebergange jeder Bewegung in Wärme, so dass ein Zustand des Uebergangs aller Bewegung in gleichschwebende Wärme (Entropie) weder durch die Erfahrung bewiesen, noch überhaupt denkbar ist, so lange es Körper giebt, die sich durch Wärme ausdehnen. Gedanken und Begriffe lassen sich mathematisch nicht entwickeln, und es scheint, dass auch auf jener Seite nur mit Wasser gekocht wird.

So ist denn auch der Zusammenhang der Wärmeleitung der Gase mit ihrer molecularen Bewegung und ihrem specifischen Gewichte nur angedeutet, aber nicht bestimmt bewiesen. Die Bestimmtheit ist erst durch die nachgewiesene Uebereinstimmung der Theorie mit den Versuchen von Magnus hinzugekommen. Wenn Hr. Clausius die Ansicht hatte, dass die Wärmeleitung der Gase vollkommen ihrer molecularen Geschwindigkeit proportional sei, so standen ihm ja die Versuche von Magnus, welche ein Jahr vor seiner zweiten Arbeit in Pogg. Ann. Bd. 112 mitgetheilt waren, ebenfalls zu Gebote, und es ist in der That sehr auffallend, dass er dieser schönen Arbeit mit keiner Silbe erwähnt, welche die einzige ist, die mit bestimmten Zahlengrössen auftritt, die aus blosser Speculation niemals hervorgehen können. Wenn es genügte, aus älteren Arbeiten einzelne Stellen herauszuziehen, worin annähernd ähnliche Ansichten ausgesprochen sind, um Prioritäten zu beweisen, so kann ich Hr. Clausius mit noch älteren dienen. Im Jahre 1837, also 25 Jahre vor der zweiten Abhandlung des Hr. Clausius, habe ich in Baumgärtner's und v. Holger's Zeitschrift für Physik folgendes in einer Arbeit über die Natur der Wärme veröffentlicht:

„Die Fortpflanzung der Wärme durch Contiguität ist eine Mittheilung einer Bewegung durch Anstoss, und das Abkühlen ein relatives zur Ruhe kommen.“

Und ferner:

Ein Gas ist ein Körper, dessen Theile so heftig vibriren, dass sie sich fortwährend von einander abzustossen streben, und daraus ist erklärlich, dass jede Gasart durch ihre blosse Gegenwart wie eine perpetuirliche ruckende Kraft angesehen werden kann, und sich auch als solche äussert.“

Hier ist ja die Grundlage der ganzen Gastheorie, welche jetzt unter dem Namen von Krönig*) und Clausius**) umläuft, vollständig ausgedrückt und zwar 13 Jahre vor der ersten Publication des Hrn. Clausius, welche in den Februar 1850 fällt. Ich hätte also auch Prioritätsansprüche gegen die Herrn erheben können, und könnte es noch thun, wenn mir die Sache der Mühe werth schiene. Ebensowenig werde ich Hrn. Clausius vorwerfen, dass er diese meine Arbeit nicht gekannt habe. Es findet sich ferner, dass dasjenige, was Krönig und Clausius Gleichgewichtslage genannt haben, schon als Anziehungssphäre in meiner Arbeit vorkommt, wo es heisst: „Ein gasförmiger Körper ist ein solcher, bei welchem die Vibration so erweitert ist, dass die Theile gar nicht mehr innerhalb der Anziehungsgränze kommen und sich nur abstossen. Zwingt man sie aber dennoch, innerhalb der Gränze zu kommen, so ziehen sie sich wieder an und erscheinen als Flüssigkeit; dies ist die Liquidifaction der Gasarten durch Druck.“

Es ist nur zu bemerken, dass diese Sätze, welche uns jetzt so geläufig erscheinen, von 1837 sind, während Hr. Clausius noch 1850***) schrieb: „Dazu kommt noch, dass in neuerer Zeit immer noch mehr Thatsachen bekannt werden, welche dafür sprechen, dass die Wärme nicht ein Stoff sei, sondern in einer Bewegung der kleinsten Theile der Körper bestehe. Wenn dieser Satz richtig ist, etc.“ Woran Hr. Clausius hier schüchtern herantritt, das ist von mir schon 13 Jahre vorher als Vibrationszahl und Vibrationsamplitude, als eine Summe von lebendiger Kraft sehr bestimmt bezeichnet worden, und in diesem Sinne eine Erklärung des Mariotte'schen Gesetzes aus der Zahl der Molecüle, und der Gay-Lussac'schen Regel aus der Grösse der Schwingungen abgeleitet worden. Was endlich die chemische Bewegung betrifft, so ist in sämtlichen Aufsätzen des Hrn. Clausius auch nicht eine Ahnung derselben zu finden, während sie doch weitaus die grösste Summe der an den Körpern haftenden lebendigen Kraft ausmacht.

*) Pogg. Ann. 99, 815. **) Pogg. Ann. 100, 253. ***) Pogg 79, 369.