

III.

Ueber die Ausdehnung der expansibeln Flüssigkeiten durch Wärme,

von

J O H N D A L T O N

in Manchester. *)

— — **D**ie außerordentliche Abweichung der Versuche Guyton's und Duvernois über die Ausdehnung der Gasarten durch Wärme von den Versuchen aller andern Physiker, liefs mich Trugschlüsse argwöhnen, und veranlafste mich, diese Materie aufs neue zu untersuchen. In der That zeigte es sich, daß Guyton und Duvernois sich sehr geirrt haben, welches ich der wenigen Sorgfalt zuschreibe, die sie angewendet haben, ihren Apparat und ihre Materialien frei von Feuchtigkeit zu erhalten.

*) Dalton's Versuche scheinen nur wenige Zeit früher als die von Gay - Lussac angestellt, und fast zugleich mit ihnen durch den Druck bekannt geworden zu seyn. Die Abhandlung, in welcher Dalton sie zugleich mit andern Versuchen über die Gasarten, über die Expansivkraft der Dämpfe, und über die Verdunstung beschreibt, wurde zu Anfang des Jahres 1801 in der Societät zu Manchester vorgelesen, und ist in dem neuesten Bande der *Memoirs of the Literary and Philosophical Society of Manchester*, 8vo, Vol. 5, P. 2, London 1801, p. 595, abgedruckt. d. H.

Die Art, wie ich meine Versuche anstellte, ist einfach, und daher Irrthümern weniger ausgesetzt. Ich bediene mich dabei einer geraden Barometer-röhre, die nach ihrer Capacität genau abgetheilt ist. Diese trockne ich mittelst eines mit Garn bewundnen Drahtes, und stecke sie mit dem offenen Ende durch einen Kork in eine Flasche, worin sich Schwefelsäure befindet, damit diese alle Wasserdünste aus der Röhre herausziehe. Dies ist unumgänglich nöthig, wenn wir in niedrigeren Temperaturen, als die der atmosphärischen Luft, operiren, ohnedies nicht. Weil General Roy hierauf nicht sah, wurde er in seinem schätzbaren Aufsatze in den *Philos. Transact.*, Vol. 67, zu einigen irrigen Schlüssen verführt. Darauf bringe ich eine kleine Säule trocknen Quecksilbers bis zu einem bestimmten Punkte in die Manometerröhre hinab, und nun ist das Instrument zu Versuchen mit atmosphärischer Luft im Stande.

Um das Manometer mit irgend einer andern Gasart zu füllen, wird einige Uebung erfordert. Am besten gelingt es mir auf folgende Art. Ich fülle die Röhre mit trockenem Quecksilber, und schiebe dann einen Draht hinein, der so mit Garn bewickelt ist, daß gerade, wenn der Draht bis an das Ende der Röhre kömmt, eine dicke Garnbewickelung das offne Ende der Röhre, gleich einem Stöpsel, verschließt, so daß sich die Röhre umdrehen läßt, ohne daß Quecksilber herausläuft. Ueber dem

pneumatischen Wasserapparate, welcher das Gas enthält, befindet sich ein Glasrichter, der mit einem durchlöchernten Kork versehen ist. Ich schiebe die Manometerröhre durch das Loch in den Kork, fahre dann mit der Hand durch das Wasser unter den Trichter, und ziehe den Draht, und damit zugleich das Quecksilber aus dem Manometer, worauf das Gas hineinsteigt.

Um kohlenfaures Gas in die Manometerröhre zu bringen, zog ich das zugeschmolzene Ende derselben zu einem Haarröhrchen aus, trieb dann einen Strom kohlenfaures Gas in die Röhre, verschloß das untere Ende derselben mit dem Finger, schmelzte die Oeffnung des Haarröhrchens vorm Lüliröhre wieder zu, und brachte dann eine kleine Säule Quecksilber bis zum bestimmten Punkte hinab.

Um das Manometer bis zur Siedehitze zu erwärmen, bediene ich mich einer Florentiner Flasche mit einer langen Glasröhre, die darin so eingekorkt ist, daß das Manometer sich so weit, als es die bestimmte Temperatur annehmen soll, in dieser Röhre hinabbringen läßt. Dann bringe ich das Wasser am Boden der Flasche heftig zum Kochen, so daß ein Strom von Wasserdämpfen anhaltend aus der Oeffnung der Röhre steigt und ein Thermometer auf 212° F. treibt. Um die Theilpunkte des Manometers durch diese Röhre durch sehn zu können, sind sie mit weißen Punkten bemerkt, und Zahlen dabei gemacht. Für niedrige Temperaturen

dient mir ein tiefes Gefäß aus Zinn mit warmen Wasser, in welches das Manometer gesenkt wird, nachdem das Wasser vor jeder Beobachtung wohl unter einander bewegt worden ist.

Eine große Menge von Versuchen, die ich auf diese Art mit *atmosphärischer Luft*, mit *Wasserstoffgas*, mit *Sauerstoffgas*, mit *Salpetergas* und mit *kohlenfaurem Gas* angestellt habe, setzen es außer Streit, daß die Resultate de Lüc's, Roy's, Sauffüre's, Berthollet's u. s. w. durchgehends der Wahrheit sehr nahe kommen, indels die Versuche Guyton's und Düvernois in den höhern Temperaturen ausnehmend unrichtig sind.

Ich habe wiederholt gefunden, daß 1000 Theile *atmosphärischer Luft*, bei dem gewöhnlichen Luftdrucke, im Manometer von 55° F. Wärme bis auf 212° F. erhitzt, sich zu einem Volumen von 1321 Theilen ausdehnen, welches, wenn man für die Ausdehnung des Glases noch 4 Theile hinzurechnet, eine Dilatation von 325 Theilen bei einer Erwärmung von 157° der Fahrenheit'schen Scale giebt.

Was die Ausdehnung in den Zwischengraden betrifft, welche nach den Versuchen des Generals Roy über 57° hinaus *langsam abnehmen*, dagegen nach Guyton's Versuchen in den höhern Theilen der Scale *schnell steigen* soll; so muß ich dem General Roy Recht geben, obgleich dieses einigermaßen einer Hypothese widerspricht, die ich aufstel-

len möchte. Indefs hat er die Abnahme von 72° herabwärts zuverlässig zu groß gemacht, weil er nicht bemerkte, daß er einen Theil der elastischen Flüssigkeit, mit der er operirte, (Wasserdampf,) in diesen abnehmenden Temperaturen wirklich zerstörte. Hätte er seine Luft zuvor durch Schwefelsäure, oder auf andere Art getrocknet, so würde er keine so große Abnahme unterhalb 72° gefunden haben. Meine Versuche geben für die ersten $77\frac{1}{2}^{\circ}$ über 55° F. eine Ausdehnung von 167, und für die nächsten $77\frac{1}{2}^{\circ}$ nur von 158 Theilen; dabei scheint die Ausdehnung durch die ganze Scale verhältnißmäßig abzunehmen, zu je höhern Temperaturen man kömmt. *)

*) Hiernach würde die Dilatation für die ersten 23° vom Frostpunkte bis 55° F. etwa 52 Theile des Manometers, mithin die ganze Dilatation vom Frost- bis zum Siedepunkte 377 solcher Theile betragen, deren Luft von 55° Wärme 1000 einnimmt. Giebt man dem Volumen der Luft bei der Temperatur des frierenden Wassers 1000 Theile, so betrüge ihre Dilatation, wenn sie bis zum Siedepunkte des Wassers erhitzt wird, hiernach 397,6 Theile. Gay - Lussac findet dafür nur 375 solcher Theile; eine Verschiedenheit, die bei Versuchen, welche auf so verschiednen Wegen angestellt sind, nicht befremden darf. Daß indess die Versuche des französischen Physikers die genauern sind, dafür zeigt das Zusammenstimmen derselben mit den Resultaten Lambert's und Schmidt's. d. H.

Mehrere Versuche, die ich mit *Wasserstoffgas*, *Sauerstoffgas*, *kohlensaurem Gas* und *Salpetergas* angestellt habe, geben für diese Gasarten Dilatationen, die nicht nur in der GröÙe der ganzen Ausdehnung, sondern selbst in der allmählichen Abnahme der Ausdehnung in höhern Temperaturen vollkommen mit den Resultaten bei der atmosphärischen Luft übereinstimmen. Die geringen Unterschiede, die dabei mitunter vorkamen, betrugen nicht über 6 oder 8 Theile, deren die ganze Ausdehnung 325 beträgt, und solche Unterschiede kommen selbst in den Versuchen mit atmosphärischer Luft vor, wenn sie nicht von Feuchtigkeit befreiet ist, welches bei allen künstlichen Gasarten, die ich anwendete, nicht der Fall war.

Nach allem diesem sehe ich nicht ab, warum es nicht erlaubt seyn sollte, zu schließen, daß *alle expansibeln Flüssigkeiten unter einerlei Druck sich durch Wärme gleichmäÙig ausdehnen*, und daß *für jede Ausdehnung des Quecksilbers im Thermometer ihr die entsprechende Ausdehnung der Luft proportional ist, nur etwas abnehmend, desto mehr, je höher die Temperaturen steigen*.

Dieser merkwürdige Umstand, daß *alle expansibeln Flüssigkeiten* unter einerlei Umständen durch die Wärme um gleich viel ausgedehnt werden, beweist offenbar, daß die Ausdehnung derselben lediglich von der Wärme abhängt, indess bei der Ausdehnung *fester und tropfbar-flüssiger Körper* zwei

entgegenstrebende Kräfte, die der Wärme und der chemischen Verwandtschaft, ins Spiel kommen, deren eine bei einerlei Temperatur eine *constante*, die andere eine *variable* nach der Natur des Stoffs sich richtende Kraft ist. Daher die Ungleichheit in der Dilatation dieser letztern Körper. Die allgemeinen Gesetze über die absolute Menge und die Natur der Wärme werden wir hieruach immer besser aus dem Verhalten expansibel-flüssiger Stoffe, als anderer Körper, ableiten können.

Um die Art einzusehn, wie expansible Flüssigkeiten durch Wärme expandirt werden, wollen wir die Hypothese annehmen, die Repulsivkraft jedes Theilchens sey genau der ganzen mit diesem Theilchen verbundenen Wärmemenge, (oder, mit andern Worten, der Temperatur, diese vom absoluten Nullpunkte an gerechnet,) proportional. Da sich nun die Durchmesser der repulsiven Sphären jedes Theilchens wie die Kubikwurzeln des Raums verhalten müssen, den die ganze Masse einnimmt; so verhalten sich die absoluten Wärmemengen, die sich in der Luft bei 55° F. und bei 212° F. befinden, zu einander, wie $\sqrt[3]{1000} : \sqrt[3]{1325}$, oder nahe wie 10 : 11. Hiernach müßte der absolute Nullpunkt der Wärme, bei welcher gänzliche Abwesenheit aller Wärme wäre, bei 15,47° F. unter dem Gefrierpunkte des Wassers liegen. Dr. Crawford, der diesen absoluten Nullpunkt aus ganz andern Betrachtungen ableitet, (*On Animal Heat*, pag. 267.) be-

stimmt ihn bei 1532° F. unter dem Frostopunkte des Wassers. Ein so nahes Zusammenstimmen ist gewiß mehr als bloßer Zufall. *)

Die einzige Schwierigkeit, die mir dieser Hypothese entgegen zu stehn scheint, ist die, daß nach ihr die Ausdehnung expansibler Flüssigkeiten durch gleiche Wärmemengen in höhern Temperaturen nothwendig größer als in niedrigeren seyn müßte, (weil die Differenzen der dritten Potenzen von Zahlen, die in arithmetischer Ordnung fortschreiten, immer zunehmen,) in der Erfahrung aber, wie wir gesehen haben, gerade das Gegentheil statt findet. Dieses führt auf die Frage, ob das Quecksilberthermometer die Zunahme der Wärme genau mißt. Ist das der Fall, so ist meine Hypothese unhaltbar. Wenn dagegen gleiche Zunahmen von Wärme in Quecksilber in höhern Temperaturen eine größere, (und zwar nicht viel größere,) Ausdehnung als in niedern bewirken, so dient jene Thatfache vielmehr, meine Hypothese zu bestätigen. Nach Crawford soll die Ausdehnung des Quecksilbers den Incre-

*) Den Versuchen Gay-Lussac's zufolge würden sich die absoluten Wärmemengen, welche sich in der Luft bei 32° F. und 212° F. befinden, dieser Hypothese gemäß verhalten, wie $\sqrt[3]{1000} : \sqrt[3]{1375}$, oder wie 10 : 11,1199, und mithin der absolute Nullpunkt bei 1603° F. unter dem Gefrierpunkte des Wassers liegen. Jene nahe Uebereinstimmung ist also wohl nur zufällig.

menten der Wärme sehr nahe proportional seyn; dagegen ist sie nach de Lüc in niedern Temperaturen geringer, als in den höhern, und das zwar in einem Verhältniſſe, welches sehr gut zu meiner Hypothese paßt. Da alle andern bekannten tropfbaren Flüssigkeiten sich in höhern Temperaturen stärker als in niedern ausdehnen, so spricht in der That die Analogie für de Lüc's Behauptung.
