

Sitzungsberichte

der

mathematisch - physikalischen Classe

der

k. b. Akademie der Wissenschaften

zu München.

1872. Heft III.

München.

Akademische Buchdruckerei von F. Straub.

1872.

In Commission bei G. Franz.

Sitzung vom 2. November 1872.

Mathematisch - physikalische Classe.

Herr v. Pettenkofer hält einen Vortrag:

„Ueber ein Beispiel von rascher Verbreitung specifisch leichterer Gasschichten in darunter liegenden specifisch schwereren“.

In den weitesten Kreisen ist noch immer die Vorstellung verbreitet, als könnte in einem geschlossenen windstillen Raume eine Schichte Kohlensäure auf dem Boden und atmosphärische Luft darüber lange lagern, ohne dass sich die Gase mischten. Dieser Annahme liegt wesentlich die That-
sache zu Grunde, dass in dieser Weise Schichten von tropf-
bar flüssigen Körpern von verschiedenem specifischen Ge-
wicht sich verhalten, welche lange übereinander gelagert
bleiben, wenn man sie ruhig lässt und nicht durch mecha-
nische Bewegung durcheinandermischt. Aber dieser Annahme
stehen die Erfahrungen entgegen, welche Graham und Andere
beim Studium der Diffusion und der Diffusionsgeschwindig-
keiten der Gase gemacht haben.

Wie oft hört man nicht heutzutage noch, wenn man
von Ventilation der Wohnräume handelt, die schlechteste
Luft im Zimmer sei die am Boden, weil die ausgeathmete
specifisch schwerere Kohlensäure sich nach unten senke. Wenn

man Jemanden, der diese Vorstellung hat, darauf aufmerksam macht, dass in Wirklichkeit es nicht so sei, dass alle Kohlensäurebestimmungen in bewohnten Räumen nicht nur einen sehr gleichmässigen Gehalt in allen Schichten vom Boden bis zur Decke ergeben, sondern dass sogar an der Decke in der Regel eine Spur mehr als am Boden gefunden werde, so glauben sie das nicht, berufen sich auf angebliche Erfahrungen in Gärkellern, und aber namentlich auf die sogenannte Hundsgrotte bei Neapel, in der stets ein Schwaden der auf dem Boden ausströmenden Kohlensäure liege, und zwar nur bis zur Höhe von der Grösse kleiner Hunde, welche beim Eintritt in diese Höhle ersticken, während grössere Thiere und namentlich aufrecht gehende oder stehende Menschen gar keine Belästigung in dieser Höhle empfinden.

Wer diese Vorstellung von der schwierigen und langsamen Mischung der Kohlensäure mit atmosphärischer Luft hat, muss natürlich annehmen, dass die unterste Kohlensäureschichte beständig nach aussen oder nach tiefer gelegenen Höhlenräumen hin abfliesse. Zu diesem Glauben hält man sich um so mehr berechtigt, als man ja in jeder Vorlesung über Experimental-Chemie zeigt, dass man Kohlensäure aus einem Glase in ein anderes giessen kann, so dass ein zuvor in diesem angezündetes Kerzenlicht erlischt. Um ein Kerzenlicht auszulöschen, dazu gehört allerdings kein sehr grosser Gehalt der Luft an Kohlensäure; ein Kerzenlicht erlischt schon in einer Luft, die nur vier Procent Kohlensäure enthält; es ist also sehr wohl denkbar, dass in der kurzen Zeit, binnen welcher man aus einem Glase reine Kohlensäure in ein anderes Glas voll atmosphärischer Luft übergiesst, sich diese Kohlensäure mit dem 24fachen Volum atmosphärischer Luft schon gemischt oder verdünnt hat, so dass das Gemenge, welches man für reine übergegossene Kohlensäure zu halten und auszugeben pflegt, möglicherweise nur mehr

aus 4 Procent Kohlensäure und 96 Procent atmosphärischer Luft besteht.

Schon lange hätte ich gerne eine Gelegenheit gehabt, einen Fall zu untersuchen, wo auf einer geschlossenen, allseitig begrenzten Fläche beständig Kohlensäure in ruhig darüberstehende atmosphärische Luft ausströmt, um die Schnelligkeit ihrer Abnahme von unten nach oben, oder was das nämliche ist, die Schnelligkeit des Hinabsteigens der atmosphärischen Luft in die Kohlensäureschichte durch die Kraft der Diffusion bemessen zu können, da diese Verhältnisse bei manchen Fragen der Ventilation der Wohnräume von Bedeutung sind.

Diese Gelegenheit fand ich nun dieses Jahr in Marienbad an der Marienquelle. Die Marienquelle seitlich vom alten Badhause gelegen ist mit einem leichten Bretterhause überbaut. Sie ist in einem Rechtecke 23,7 Meter lang und 11,4 Meter breit gefasst, und das Wasser steht darin durchschnittlich 2 Meter hoch. 110 Centimeter über dem Wasserspiegel liegt auf einer langen und einer schmalen Seite ein Bretterboden mit Geländer, ein Podium, von dem aus man in die Wasserfläche hinabsieht, welche durch stellenweise in grösseren und kleineren Blasen aufsteigende Gase in unaufhörlicher Bewegung erhalten wird, so dass man das vollkommene Bild einer grossen siedenden Wasserfläche hat. Ich kann allerdings keine genaue Massangabe darüber machen, wieviel Gas sich auf der ganzen Fläche constant entwickelt, aber es lässt sich eine Schätzung machen, welche sicher unter der Wirklichkeit liegt. Wer je die Marienquelle gesehen hat, wird zugeben, dass sich in der Sekunde auf ihrer Fläche mindestens 1 Millimeter Gas entwickelt. Das macht in der Minute 6 Centimeter, und in der Stunde 360 Centimeter.

Vorausgesetzt also, dass das aus der Quelle stetig aufsteigende Gas, was bekanntlich grösstentheils aus Kohlensäure besteht, sich mit der darüber stehenden Luft im Bretter-

hause nicht merklich mischt, so müsste schon im Zeitraum von einer Stunde die Luft bis zu mehr als 300 Centimeter über dem Wasserspiegel aus Quellengas bestehen und deshalb ganz unathembar sein. Wer das Bretterhaus betritt, steht auf dem Podium mit seinem Kopfe nur etwa 250 bis 260 Centimeter über dem Wasserspiegel, und müsste nach gewöhnlicher Vorstellung in einer vollkommen irrespirablen Luftschichte sich befinden. Es findet aber jeder, der bei geschlossenen Fenstern und Thüren auf diesem Podium über der Marienquelle steht, nicht die geringste Beschwerde, selbst wenn er stundenlang sich dieser Atmosphäre aussetzt, man lebt darin, wie in gewöhnlicher Luft. Erst unterhalb dem Podium, näher dem Wasserspiegel erlöschen hineingehaltene Kerzenlichter, und mit dem menschlichen Athem geblasene Seifenblasen, die man vom Podium aus hinabfallen lässt, fangen erst in der unmittelbaren Nähe der siedenden Wasseroberfläche an, nicht weiter zu sinken, sondern ruhig in dieser Luftschichte zu schwimmen.

Das alles reizte mich in hohem Grade, die Abnahme der Kohlensäure vom Spiegel der Quelle anfangend aufwärts zu bestimmen. Ich erkundigte mich bei Herrn Apotheker Brem, was er etwa von Apparaten zur Hand hätte, um Kohlensäure - Bestimmungen zu machen. Herr Brem war so freundlich, mir einen 50 Cubikcentimeter haltenden, und in $\frac{1}{2}$ Cubiccentimeter getheilten Messcylinder und Stücke von geschmolzenem Aetzkali zur Disposition zu stellen. Er und Herr Dr. Dietl waren so freundlich am Vormittag des 23. August 1872 mir mehrere Stunden zu opfern und mich bei den Versuchen aufs Beste zu unterstützen. Die Methode, welche ich zur Bestimmung der Kohlensäure anwendete, war wesentlich folgende: Der Messcylinder wurde mit dem Wasser der Quelle gefüllt, an einer Schnur befestigt, in ein Glas mit demselben Wasser gefüllt gestellt, und dieses an einer Stange befestigt in verschiedene Tiefen hinabgelassen, und

der Messcylinder an der Schnur dann aus dem Glase gehoben. Nachdem das ausfliessende Wasser durch Luft der entsprechenden Luftschichte ersetzt war, wurde der Cylinder wieder ins Glas gesetzt und dieses an der Stange heraufgenommen, um dann in einer improvisirten pneumatischen Wanne mit Aetzkali zur Absorption der Kohlensäure geschüttelt zu werden. Ehe das absorbirte Volumen abgelesen wurde, wurde der Cylinder etc. wieder einige Zeit an den nämlichen Platz gehalten, wo er mit Luft gefüllt worden war, um die Fehler thunlichst zu beschränken, welche aus Temperaturänderungen während der Ablesungen hervorgehen.

Ich bin weit entfernt, diese improvisirte Methode für sehr genau zu halten, aber es wird sich gleich zeigen, dass sie zur Beantwortung der vorläufig gestellten Frage gewiss noch hinreichend genau war.

1.

Zuerst wurde das Gas, wie es sich in der Marienquelle entwickelt, noch unter dem Wasserspiegel aufgefangen. Dieses Gas verlor durch Behandlung mit Aetzkali 70 Procent seines Volums. Man kann also sagen, das Gas, was sich aus der Marienquelle entwickelt, enthält 70 Procent Kohlensäure.

2.

Die zweite Füllung des Mess-Cylinders mit Gas erfolgte ganz nahe dem Wasserspiegel, nur 5 Centimeter darüber. Der Kohlensäuregehalt war da schon auf 31 Procent gesunken.

3.

Nun wurde die Luftschichte 25 Centimeter über dem Wasserspiegel untersucht, sie zeigte da 23 Procent Kohlensäure.

4.

Darauf wurde die Luftschichte nahe unter dem Podium, auf dem man mit den Füßen steht, etwa 100 Centimeter

über dem Wasserspiegel untersucht, und ihr Kohlensäuregehalt hier nur mehr zu 2 Procent gefunden.

5.

In Manns- und Kopfhöhe 145 Centimeter über dem Podium war die Volumsverringerung der Luft durch Schütteln mit Aetzkali so unbedeutend, dass die Messmethode, deren ich mich bedienen konnte, kaum mehr etwas erkennen liess. Der Kohlensäuregehalt dieser Luft hat jedenfalls $\frac{1}{2}$ Procent nicht überschritten.

Diese Ergebnisse waren mir in hohem Grade überraschend und lehrreich: sie zeigen die unsern bisherigen Vorstellungen gegenüber rasende Geschwindigkeit der Diffusion, der gegenseitigen Durchdringung zweier Gasschichten von verschiedener Zusammensetzung. Man sieht nicht nur sowohl, wie sich die Kohlensäure in der über der Marienquelle befindlichen, in einem leichtgezimmerten Bretterhause eingeschlossenen atmosphärischen Luft verbreitet, als vielmehr, wie diese atmosphärische Luft beständig in die von der Quelle ununterbrochen ausgehauchte Kohlensäure von oben hinab dringt, so dass nur 5 Centimeter über dem Quellenspiegel sich den Quellgasen schon mehr als 2 Volume atmosphärischer Luft von oben her beimischen, dem specifischen Gewicht der Gase entgegengesetzt. Manche Beobachtung über den Kohlensäuregehalt bewohnter Räume wird dadurch eine richtigere Erklärung finden als bisher.
