

mit der aus Phenol dargestellten Disulfosäure durch Vergleichung der Kalisalze weiter bewiesen.

Wir beabsichtigen diese Beobachtung zu verfolgen und untersuchen zunächst das Verhalten des Diazoderivats der mit der Sulfanilsäure isomeren Säure und der Diazoderivate der drei isomeren Amidobenzoësäuren, woraus voraussichtlich die Bildung von drei isomeren Oxybenzoësulfosäuren zu erwarten steht.

### 191. C. Bender: Die Beziehungen zwischen der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles in Gasen und deren Molekulargewicht.

(Eingegangen am 29. Mai.)

Die Physik lehrt uns eine Beziehung kennen zwischen der Schallgeschwindigkeit in gasförmigen Körpern und deren Dichtigkeit.

Erstere wird nämlich gefunden, wenn man die Expansivkraft der Luft oder des betreffenden Gases mit dem Verhältniss der Wärmecapacitäten bei constantem Volumen und bei constantem Druck (1.41) multiplicirt, das Produkt durch die Dichte des Gases dividirt und aus dem Quotienten die Quadratwurzel zieht.

Bedeutet P die Expansivkraft des Gases, K den Coefficienten 1.41 aus spezifischer Wärme bei constantem Druck durch spezifische Wärme bei constantem Volumen,  $\delta$  das spezifische Gewicht des Gases, so drückt die Formel

$$u = \sqrt{\frac{K \cdot P}{\delta}} \quad \dots \dots \dots \text{I.}$$

die Schallgeschwindigkeit in dem betreffenden Gase aus. P und  $\delta$  sind in dieser Formel Funktionen des Druckes und der Temperatur, welche in inniger Beziehung zu einander stehen.

Denken wir uns, ein anderes Gas von dem spezifischen Gewicht  $\delta'$  habe unter sonst gleichen Umständen die gefundene Schallgeschwindigkeit

$$u_1 = \sqrt{\frac{K \cdot P}{\delta'}} \quad \dots \dots \dots \text{II.}$$

so ergeben I. und II.

$$u : u_1 = \sqrt{\delta'} : \sqrt{\delta} \quad \dots \dots \dots \text{III.}$$

oder die Schallgeschwindigkeit in verschiedenen Gasen ist der Quadratwurzel aus dem Dichten derselben umgekehrt proportional.

Hierbei muss noch bemerkt werden, dass nach Dulong's Untersuchungen der Coefficient K für alle Gase der nämliche ist.

Nach der Avogadro'schen Hypothese sind die Dichten verschiedener Gase ihren Molekulargewichten proportional, und so erhalten wir den Satz:

Die Schallgeschwindigkeit in verschiedenen Gasen ist der Quadratwurzel aus den Molekulargewichten umgekehrt proportional.

Die verschiedenen Methoden, welche seither zur Bestimmung der Schallgeschwindigkeit in Gasen dienten, waren mehr dazu bestimmt, die Grösse der Wellenlänge zu finden. Die Frage nach der Dichtigkeit der Gase kam erst in zweiter Linie und diente mehr zur Controlle als zum Zielpunkt des Versuches. Dieses ist aber für den Chemiker der wichtigste Punkt. Gehen wir die Geschichte der Bestimmung der Schallgeschwindigkeit in Gasen durch, so treten uns sehr vereinzelt Versuche entgegen, welche etwas für den Chemiker Verwerthbares leisten. Hierin mag wohl auch der Grund liegen, warum bis jetzt Vorschläge und Andeutungen, die Schallgeschwindigkeit in Gasen als Mittel zu deren Molekulargewichtsbestimmung zu verwenden, vollständig fehlen. Die schönen Untersuchungen Kundt's<sup>1)</sup>, welche einer verhältnissmässig neueren Zeit angehören, setzen nun auch den Chemiker in den Stand, dieses ausführen zu können, und sehr wahrscheinlich wird es auch gelingen, dampfförmige Körper in den Kreis der Betrachtung zu ziehen. Theilweise ist letzteres schon geschehen, jedoch nur bei sehr leichtflüchtigen Körpern.

Hat man eine mit irgend einem Gase gefüllte, an beiden Enden verschlossene, etwa 1 Meter lange Glasröhre, spannt dieselbe in der Mitte ein und streicht mit Hülfe eines nassen Tuches von der Mitte nach dem Ende hin, so wird die Röhre in longitudinale Schwingungen versetzt, gleichzeitig schwingt aber auch die Luft oder das Gas innerhalb der Röhre mit. Die Bewegung der Luft oder des Gases können wir fixiren, wenn wir vor dem Einfüllen und Abschmelzen Lycopodiummehl in die Röhre gebracht haben. Es entsteht alsdann eine bestimmte Anzahl Staubfiguren im Innern der Röhre, aus deren Anzahl man die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles in dem betreffenden Gase ermitteln kann. Angenommen, es hätten sich bei einem Versuche mit obiger Anordnung in der Röhre 16 Staubfiguren gebildet, so wäre die Schallgeschwindigkeit in dem betreffenden Gase 16mal so klein, als in dem Glase, aus welchem die Röhre besteht. Hat man verschiedene Röhren aus demselben Glase mit verschiedenen Gasen gefüllt, so lässt sich bei jeder Röhre das Verhältniss der Schallgeschwindigkeit von dem Gase zu Glas bestimmen. Die Vergleichung dieser Verhältnisszahlen liefert das Verhältniss der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles in den betreffenden Gasen.

Würden wir jede dieser Röhren anstatt in der Mitte an einem Punkte einspannen, welche um  $\frac{1}{4}$  der ganzen Röhrenlänge von einem Endpunkte entfernt ist, so erhielten wir in jedem Falle die Octave

<sup>1)</sup> Pogg. Ann. CXXXV, S. 337.

des vorher gefundenen Tones; die Anzahl der Staubfiguren würde sich in diesem Falle verdoppeln. Die auf diese Weise von Kundt angestellten Versuche ergaben:

| Eingeschlossenes Gas. | Anzahl der Staubfiguren. |
|-----------------------|--------------------------|
| Luft . . . . .        | 32                       |
| Kohlensäure . . . . . | 40                       |
| Leuchtgas . . . . .   | 20                       |
| Wasserstoff . . . . . | 9                        |
| Aetherdampf . . . . . | über 50.                 |

Die Schallgeschwindigkeit in den betreffenden Medien steht zu diesen Zahlen im umgekehrten Verhältniss, die Quadratwurzel aus den Dichten respective Molekulargewichten derselben, im directen Verhältniss zu diesen Zahlen.

Aetherdampf fügt sich diesem Gesetze weniger gut, es muss jedoch bemerkt werden, dass der Versuch bei gewöhnlicher Temperatur vorgenommen wurde, wobei selbstverständlich der Aetherdampf noch nicht die Eigenschaft eines Gases angenommen hatte. Will man überhaupt diese Zahlen mit einander vergleichen, so ist es nöthig, dass man unter denselben Bedingungen operirt. Innerhalb kleiner Temperaturgränzen werden sie zwar immer untereinander vergleichbar sein, sollte jedoch die Methode bei der Dampfdichtebestimmung Anwendung finden, so müssten auch höhere Temperaturen berücksichtigt, respective Reductionen auf  $0^{\circ}$  durchgeführt werden. Da die Schallgeschwindigkeit mit dem Drucke, unter welchem ein Gas steht, sich nicht ändert <sup>1)</sup>, so berechnet sich die Fortpflanzungsgeschwindigkeit  $u_t$  bei  $t^{\circ}$  aus derjenigen  $u_0$  bei  $0^{\circ}$  aus der Formel

$$3) \quad . . . . . \quad u_t = u_0 \sqrt{1 + \alpha t}$$

wo  $\alpha$  den Ausdehnungscoefficient der Gase bedeutet. Ein weiterer zu berücksichtigender Factor wäre die Veränderlichkeit der Schallgeschwindigkeit in festen Körpern mit der Temperatur. Da die Dichtigkeit der festen Körper mit der Temperatur sich nicht bedeutend ändert, und da mit dem Wachsen der Temperatur auch die Elasticität zunimmt, so bleibt der Einfluss der Temperatur, wenn es sich nur um bei gewöhnlicher Temperatur bestehende Gase handelt, aus dem Kreis der Betrachtung. Soll jedoch die Kundt'sche Methode zur Bestimmung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles auf gasförmige Dämpfe ausgedehnt werden, so wären in dieser Richtung noch Versuchsreihen anzustellen.

Die Anwendung vollständig geschlossener Röhren wäre bei Dampfdichtebestimmungen fast in den meisten Fällen unzulässig, denn wie

<sup>1)</sup> Pogg. Ann. CXXXV, S. 560.

wollte man eine sehr heisse Röhre durch Reiben bequem in longitudinale Schwingungen versetzen, wie wollte man weiter eine, für den Versuch nothwendige, gleichmässige Temperatur in der ganzen Röhre fortwährend erhalten? Für diese Fälle müsste der Kundt'sche Doppelapparat<sup>1)</sup> in Anwendung kommen, der auch in Bezug auf akustische Versuche grössere Vortheile<sup>2)</sup> bietet. Die Beschreibung dieses Apparates selbst gehört nicht hierher, ebenso kann man hier kaum etwas anderes als fundamentale Grundzüge erwarten. Manches mag vielleicht hierdurch problematisch erscheinen, jedoch wird sich das Urtheil von dem Augenblick an ändern, von welchem man in den geistigen Besitz der Originalarbeiten von Kundt und anderen Gelehrten<sup>3)</sup> gekommen ist.

Eine Zusammenstellung der bis jetzt bekannten Schallgeschwindigkeiten verschiedener Gase mit den Molekulargewichten derselben wird die praktische Verwerthbarkeit des Gesetzes, welches durch die Formel III. dargestellt ist, beweisen:

| N a m e      | Molekularformel               | Molekulargewicht | $\sqrt{\text{Molek.gewicht}}$ | Schallgeschwindigkeit | $\sqrt{\text{Molec.}} : \sqrt{H_2}$ | Schallgesch. v. . . . : Wasserstoff |
|--------------|-------------------------------|------------------|-------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Luft . . . . | —                             | —                | —                             | 1092'                 | —                                   | —                                   |
| Sauerstoff.  | O <sub>2</sub>                | 32               | 5.65                          | 1040'                 | 4 : 1                               | 1 : 4                               |
| Wasserstoff  | H <sub>2</sub>                | 2                | 1.41                          | 4164'                 | —                                   | —                                   |
| Kohlensäure  | CO <sub>2</sub>               | 44               | 6.63                          | 858'                  | 4.7 : 1                             | 1 : 4.8                             |
| Kohlenoxyd   | CO                            | 28               | 5.29                          | 1107'                 | 3.7 : 1                             | 1 : 3.7                             |
| Stickoxydul  | N <sub>2</sub> O              | 44               | 6.63                          | 859'                  | 4.7 : 1                             | 1 : 4.7                             |
| Aethylengas  | C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> | 28               | 5.29                          | 1030'                 | 3.7 : 1                             | 1 : 4.0                             |

Die Versuche stimmen in der That sehr gut mit der Theorie; auch wenn dieses nicht so ganz der Fall wäre, würde man doch die Schallgeschwindigkeit bei der Molekularbestimmung der Gase und derjenigen Körper, welche bei nicht besonders hoher Temperatur flüssig sind, verwerthen können, denn man greift erst dann zu physikalischen Hilfsmitteln, wenn die empirische Formel einer Substanz durch die Analyse festgestellt ist und die Molekularformel, welche ein Vielfaches der empirischen Formel ist, ermittelt werden soll. Hierzu sind aber selten ganz absolut genaue Dampfdichtebestimmungen erforderlich.

<sup>1)</sup> Pogg. Ann. CXXXV, S. 353.

<sup>2)</sup> Tyndall, „Der Schall“, S. 246.

<sup>3)</sup> Pogg. Ann. CXXXVIII, S. 497.