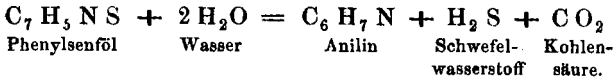


Bei der Temperatur aber, bei welcher sich die Reaction vollendet, verwandelt sich das in der ersten Phase des Processes gebildete Phenylsenfö unter dem Einflusse des Wassers in Anilin, Schwefelwasserstoff und Kohlensäure.



### 234. Alex. Naumann: Das Avogadro'sche Gesetz abgeleitet aus der Grundvorstellung der mechanischen Gastheorie.\*)

Der Avogadro'sche Satz, dass gleiche Volume verschiedener Gase bei gleichem Druck und gleicher Temperatur eine gleiche Anzahl von Molekülen enthalten, wird wohl von der Mehrzahl wissenschaftlicher Chemiker geschätzt als die sicherste Grundlage für die Feststellung der Molekular- und Atomgewichte, welche in der einfachsten und ungewungensten Weise chemische Zusammensetzung und chemische Vorgänge auszudrücken gestatten. Es möchte desshalb der Nachweis nicht ohne Werth sein, dass man von ganz verschiedenem Ausgangspunkt und auf ganz verschiedenem Wege mit Nothwendigkeit zu demselben Satze geführt wird.

Für die Entwicklungen der mechanischen Gastheorie ist der Avogadro'sche Satz als einfache und wahrscheinliche Annahme\*\*) mit hereingezogen worden. Es lässt sich derselbe aber als nothwendige Folge aus der wohlbegründeten Vorstellung ableiten, dass den, im Vergleich zu ihren mittleren Abständen, sehr kleinen und sich wie elastische Kugeln verhaltenden Gasmolekülen eine fortschreitende Bewegung zukomme\*\*\*), insofern man einige durch die Erfahrung festgestellte Thatsachen zu Hilfe nimmt.

Gemäss der erwähnten Vorstellung ergiebt sich der Druck der

\*) Eine ausführlichere Darstellung ist an die Redaction der Ann. Chem. Pharm. eingesandt worden.

\*\*) Vgl. z. B. Clausius, Pogg. Ann. 1857, C., 367.

\*\*\*) Für diese Auffassung des gasförmigen Zustandes spricht u. A. zunächst als am unmittelbarsten in die Sinne fallend die kürzlich gemachte mikroskopische Wahrnehmung (A. D. Fick, die Naturkräfte in ihrer Wechselbeziehung, populäre Vorträge, Würzburg 1869, S. 27) einer tanzennden Bewegung an feinen in der Luft schwebenden Partikelchen, und ferner die Beobachtung (O. E. Meyer, Pogg. Ann. 1865, CXXV, 177, 401, 564), dass die Reibung der Gase von der Dichtigkeit unabhängig ist, aber mit der Temperatur wächst, wie dies von einer geradlinig fortschreitenden, mit der Temperatur zunehmenden Molekularbewegung gefordert (dasselbst S. 584 bis 598 vergl. auch S. 179) wird.

Gase als die Summe aller Stöße, welche die Gasmoleküle in Folge ihrer fortschreitenden Bewegung auf den begrenzenden Körper ausüben. Der Druck auf die Flächeneinheit wird daher abhängen: 1) von der Masse der einzelnen Gasmoleküle; 2) von der Geschwindigkeit der Gasinoleküle; 3) von dem Gasvolum; 4) von der Anzahl der vorhandenen Gasmoleküle.

Einerseits sei die Masse eines Moleküls  $m$  und seine Geschwindigkeit  $c$ , andererseits die Masse  $M$  und die Geschwindigkeit  $C$ . Es steht dann die Stärke der einzelnen Stöße in direktem Verhältniss der Massen und der Geschwindigkeiten, ist also dem Produkt beider, der sogenannten Bewegungsgrösse, proportional, d. h.  $= \frac{mc}{MC}$ . Die Zahl der in gleichen Zeiten von einem Moleküle ausgeübten Stöße ist aber wiederum seiner Geschwindigkeit proportional, d. h.  $= \frac{c}{C}$ . Daher verhalten sich in Rücksicht auf Massen und Geschwindigkeiten die Drucke

$$\frac{p}{P} = \frac{m c^2}{M C^2} = \frac{\frac{m c^2}{2}}{\frac{M C^2}{2}}. \quad (1)$$

Denkt man sich  $n$  Gasmoleküle in gleichen Abständen und im Zustande der Ruhe in einem Raume von dem Kubikinhalte  $v$ , so kommen auf die Kubikeinheit  $n_1 = \frac{n}{v}$  Moleküle; auf einer der Längeneinheit gleichen Strecke befinden sich demnach  $l = \sqrt[3]{\frac{n}{v}}$  und in der

Quadrateneinheit  $f = \left(\sqrt[3]{\frac{n}{v}}\right)^2$  Moleküle. Wird nun bei gleichbleibender Zahl der Moleküle das Volum  $v$  auf das Volum  $V$  gebracht, so kommen dann auf die Kubikeinheit  $n_2 = \frac{n}{V}$  Moleküle, demnach be-

finden sich in der Längeneinheit  $L = \sqrt[3]{\frac{n}{V}}$  und in der Quadrateneinheit

$F = \left(\sqrt[3]{\frac{n}{V}}\right)^2$  Moleküle. Im Bewegungszustande muss nun der Druck

auf die Quadrateneinheit proportional sein der Zahl der in gleichen Zeiten die Quadrateneinheit treffenden Moleküle, d. h. einmal proportional der Zahl der in einem bestimmten Augenblick in ihr befindlichen Moleküle, weil diese sie bei der Bewegung gleichzeitig treffen, und zum anderen

proportional der Zahl der in der Längeneinheit befindlichen Moleküle, weil die Flächeneinheit um so häufiger getroffen wird, je geringer der Abstand der Moleküle oder gewissermassen der Molekülschichten ist. Es verhalten sich daher die jeweiligen Drucke

$$\frac{p}{P} = \frac{fl}{FL} = \frac{\left(\sqrt{\frac{n}{v}}\right)^2 \sqrt{\frac{n}{v}}}{\left(\sqrt{\frac{n}{V}}\right)^2 \sqrt{\frac{n}{V}}} = \frac{\frac{n}{v}}{\frac{n}{V}} = \frac{V}{v}. \quad (2)$$

Nach Gleichung (2) folgt auch  $\frac{p}{P} = \frac{n}{v} \cdot \frac{V}{n} = \frac{n_1}{n_2}$ . Da dieses Verhältniss  $\frac{n_1}{n_2}$  der in der Volumeinheit enthaltenen Moleküle gleich ist dem Verhältniss  $\frac{n}{N}$  der in gleichen Volumen  $v = V$  enthaltenen Zahl von Molekülen, so ist für gleiche Volume

$$\frac{p}{P} = \frac{n}{N}. \quad (3)$$

Sind demnach sowohl die Volume als auch die Molekülzahlen verschieden, so hat man durch Verbindung der Gleichungen (2) und (3)

$$\frac{p}{P} = \frac{nV}{Nv}. \quad (4)$$

Durch Verbindung der Gleichungen (4) und (1) ergibt sich ferner

$$\frac{p}{P} = \frac{nV \cdot \frac{mc^2}{2}}{Nv \cdot \frac{Mc^2}{2}}. \quad (5)$$

Nach dem Mariotte'schen und Gay-Lussac'schen Erfahrungsgesetz ist für das nämliche Gas bei gleichbleibendem Volum

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{n_1}{n_2} \cdot \frac{273 + t_1}{273 + t_2} = \frac{n_1 T_1}{n_2 T_2}, \quad (6)$$

wo das Verhältniss der Anzahl  $n_1$  und  $n_2$  der in gleichen Volumen enthaltenen Moleküle zugleich das Dichteverhältniss darstellt,  $T_1$  und  $T_2$  die sog. absoluten (von  $-273^\circ$  C. an gezählten) Temperaturen bezeichnen.

Bedeutet aber für gleiche Volume des nämlichen Gases  $c_1$  und  $c_2$  die den absoluten Temperaturen  $T_1$  und  $T_2$  entsprechenden Geschwindigkeiten der Moleküle, so geht Gleichung (5) über in

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{n_1 \cdot \frac{mc_1^2}{2}}{n_2 \cdot \frac{mc_2^2}{2}}. \quad (7)$$

Nach den Gleichungen (6) und (7) ist

$$\frac{\frac{mc_1^2}{2}}{\frac{mc_2^2}{2}} = \frac{T_1}{T_2} \quad (8)$$

Beim Mischen verschiedener, nicht auf einander einwirkender, Gase von gleicher Temperatur, z. B.  $T_2$ , bleibt aber diese Temperatur  $T_2$  ungeändert, unabhängig von dem Mengenverhältniss der gemischten Gase und ihren Volumen. Daher muss bei derselben Temperatur die lebendige Kraft der Molekularbewegungen auch bei verschiedenen Gasen gleich gross sein, d. h.

$$\frac{mc_2^2}{2} = \frac{MC_2^2}{2} \quad (9)$$

Nach den Gleichungen (8) und (9) ergibt sich

$$\frac{\frac{mc_1^2}{2}}{\frac{MC_2^2}{2}} = \frac{T_1}{T_2} \quad (10)$$

Ersetzt man in Gleichung (5) das Verhältniss der lebendigen Kraft der Moleküle nach Gleichung (10) durch das Verhältniss der absoluten Temperaturen, so ist

$$\frac{p}{P} = \frac{nVT_1}{NvT_2} \quad (11)$$

Setzt man schliesslich in Gleichung (11)

$$p = P, T_1 = T_2, v = V,$$

so ist auch

$$n = N, \quad (12)$$

d. h. bei gleichem Druck und bei gleicher Temperatur enthalten gleiche Volume verschiedener Gase eine gleiche Zahl von Molekülen.

### 235. R. Bähr-Predari: Ueber Chlorphenolsulfosäure.

Nachdem durch die schönen Untersuchungen von Kekulé bekannt geworden, dass durch Einwirkung von Schwefelsäure auf Phenol mehrere isomere Phenolsulfosäuren, mit denen sich namentlich auch Engelhardt, Latschinoff und Solommanoff beschäftigten, erhalten werden, musste die Darstellung von Sulfosäuren substituierter Phenole um so mehr von Interesse erscheinen, als, abgesehen von der Nitrophenolsulfosäure, nur wenig darüber bekannt ist. Ich wählte zu dem Ende das Chlorphenol.