

# **Die Loschmidtsche Zahl.**

Von

**Prof. Dr. Gustav Jäger.**

---

Vortrag, gehalten den 8. Januar 1913.

(Mit 3 Abbildungen.)



Seit die Menschen sich mit der wissenschaftlichen Naturbetrachtung beschäftigen, haben sie sich auch Vorstellungen über die Konstitution der Materie gemacht. Wie in vielen anderen Dingen haben in diesem Punkte bereits die alten Griechen Erfolge aufzuweisen, die uns heute noch zugute kommen. So hat der Abderite Demokritos angenommen, daß die Materie nicht ins Unendliche teilbar sei. Wenn wir einen Körper nach Demokritos in immer kleinere Teile zerlegen, so kommen wir schließlich an eine Grenze der Teilbarkeit, welche nicht in der Unvollkommenheit unserer Mittel, eine weitere Teilung vorzunehmen, begründet ist, sondern in der Natur des Körpers selbst. Diese kleinsten Teilchen, die eine weitere Zerlegung nicht zulassen, nennt Demokritos Atome.

Von großer Bedeutung wurde die Atomtheorie, als Dalton sie zur Erklärung der chemischen Erscheinungen benützte. Die Chemie lehrt uns die Körper in ihre Grundstoffe oder chemischen Elemente zerlegen, deren wir gegenwärtig gegen 80 kennen.

Gehen zwei Elemente eine Verbindung ein, so geschieht dies immer in ganz bestimmten Gewichtsver-

hältnissen. Es verbindet sich z. B. 1 g Wasserstoff mit 35.5 g Chlor zu 36.5 g Salzsäure, oder 23 g Natrium verbinden sich mit 35.5 g Chlor zu 58.5 g Kochsalz.

Ordnet man nun sämtliche Grundstoffe in eine Reihe, so daß jener, welcher mit der kleinsten Menge eine Verbindung eingeht, zuerst steht und die anderen der Größe nach folgen, so macht der Wasserstoff den Anfang. Man hat daher die Verhältnismengen, welche in eine Verbindung eingehen, so gewählt, daß man die Menge des Wasserstoffes gleich 1 setzte und den übrigen Elementen nun die entsprechenden Zahlen zulegte. Diese Zahlen nennt man die Atomgewichte der Elemente. Nach dem Obigen hat somit Wasserstoff das Atomgewicht 1, Natrium 23, Chlor 35.5 usw.

Nach Dalton stellt man sich das Zustandekommen einer Verbindung so vor, daß 1 g Wasserstoff eine bestimmte Zahl von Atomen enthält. Dieselbe Anzahl besitzen 23 g Natrium oder 35.5 g Chlor etc. Haben wir also eine Reihe von Elementen vor uns und jedes in der Menge seines Atomgewichtes, so haben alle diese Mengen dieselbe Anzahl von Atomen.

Es vermag nun je ein Atom Natrium mit je einem Atom Chlor eine Verbindung einzugehen. Eine solche Verbindung nennen wir dann eine Molekel. Die Molekel weist im allgemeinen andere Eigenschaften auf als die Atome, aus welchen sie besteht. Bilden 23 g Natrium mit 35.5 g Chlor 58.5 g Kochsalz, so nennen wir die Zahl 58.5 das Molekulargewicht des Kochsalzes. Man erkennt ohneweiters, daß die Anzahl der Molekeln,

welche das Molekulargewicht einer Substanz enthält, ebenso groß ist als die Anzahl von Atomen, die in den Atomgewichten der Elemente enthalten sind. Nimmt man als Gewichtseinheit das Gramm, so heißt abgekürzt jene Menge einer Substanz, die durch ihr Molekulargewicht ausgedrückt wird, ein Mol. Unter einem Mol Wasserstoff, Natrium, Kochsalz etc. verstehen wir also 1 bezüglich 23, 58·5 g etc. dieser Substanzen.

Jedes Mol einer Substanz, welcher Art diese auch immer sei, enthält ein und dieselbe Anzahl von Molekeln. Wie groß diese Zahl ist und wie man sie gefunden hat, soll im folgenden erläutert werden.

Einen bedeutenden Fortschritt in der Theorie der Materie brachte die mechanische Wärmetheorie. Ihr Begründer, der Heilbronner Arzt J. R. Mayer, sprach zuerst aus, daß die Wärme nicht ein Stoff sei, sondern eine bestimmte Form der Energie. Die Wärme ist darnach zu suchen in der Energie der Bewegung der Molekeln der Körper. Diese Bewegung kann man natürlich ebensowenig sehen wie die Molekeln selbst, aber ihre Annahme hat uns in der Erkenntnis der Naturerscheinungen derart weit geführt wie selten eine Theorie. Da die Eigenschaften der Körper im wesentlichen durch die Bewegung der kleinsten Teilchen bedingt sind, hat man diese Theorie die kinetische Theorie der Materie genannt. Die meisten Aufschlüsse hat sie uns über die Körper im gasförmigen Zustand gegeben. Man nennt diesen Teil der Theorie der Materie die kinetische Gastheorie.

Die kinetische Gastheorie nimmt an, daß die Molekeln eines Gases verhältnismäßig weit voneinander ab- stehen. Das ist so zu verstehen, daß die Abstände, welche die einzelnen Molekeln voneinander haben, im Mittel zwar sehr klein sind, daß aber die Größe der Molekeln noch um vieles kleiner ist.

Die Molekeln besitzen ferner eine sehr große Geschwindigkeit, mit welcher sie im Raume umherfliegen. Ist somit ein Gas nicht in einem allseits geschlossenen Gefäß aufbewahrt, so wird es sich immer mehr zerstreuen, wie man z. B. sofort bemerken kann, wenn man einen Gashahn öffnet. Ist das Gas jedoch in einem allseits geschlossenen Gefäß eingesperrt, so werden die Molekeln beständig auf die Gefäßwände stoßen. Bei jedem solchen Stoß sollen sie von der Wand zurückgeworfen werden, wie etwa ein Gummiball, den wir gegen eine Wand werfen. Auch untereinander werden die Molekeln zusammenstoßen. Dabei sollen sie sich ähnlich wie zusammenstoßende Billardbälle benehmen, indem sie mit großer Geschwindigkeit voneinander abprallen.

Bei gewöhnlichem Druck, etwa dem einer Atmosphäre, haben wir uns die Zahl der Gasmolekeln in einem Gefäß außerordentlich groß zu denken. Das hat zur Folge, daß auch die Zahl der Stöße, welche die Molekeln gegen die Gefäßwände vollführen, eine außerordentlich große ist. Das Zusammenwirken aller dieser Stöße ergibt den Druck des Gases, der um so größer sein wird, je zahlreicher die Stöße erfolgen. Das wird also der Fall sein, je mehr das Gas zusammengepreßt

wird und je rascher sich die Molekeln bewegen. Wenn wir in der Energie der Bewegung der Gasmolekeln den Wärmeinhalt des Gases suchen, so muß mit steigender Temperatur die Geschwindigkeit der Molekeln zunehmen. Tatsächlich erhöht sich mit der Temperatur auch der Druck eines Gases.

Es ist gelungen, den Gasdruck zu berechnen, d. h. nach den Anschauungen der kinetischen Gastheorie in eine Formel zu fassen. Diese gestattet, die Geschwindigkeit der Gasmolekeln numerisch zu bestimmen. Da zeigt sich nun, daß diese Geschwindigkeit im allgemeinen mehrere hundert Meter beträgt, ja beim Wasserstoff sogar 1800 m übersteigt. Diese großen berechneten Geschwindigkeiten wurden anfänglich mit Mißtrauen aufgenommen, weil die Beobachtung zeigt, daß ein Gas sich in einem anderen nur sehr langsam ausbreitet.

Diese Langsamkeit der Ausbreitung ließ sich aber trotzdem leicht erklären, da es ja auf der Hand liegt, daß die Wege, welche die Gasmolekeln ungestört, d. h. ohne auf eine andere Molekel zu stoßen, zurücklegen, sehr klein sind, so daß die Molekeln beständig von ihrer Bahn abgelenkt werden und daher trotz ihrer großen Geschwindigkeit nur langsam vorwärts kommen.

Man hat den Weg, welchen eine Molekel zwischen zwei aufeinander folgenden Zusammenstößen im Mittel zurücklegt, die mittlere Weglänge genannt. Diese ihrem Zahlenwert nach festzustellen, ist zuerst Maxwell gelungen, welcher eine Theorie der inneren Reibung der Gase schuf, die es ermöglicht, die mittlere Weglänge

zu berechnen. Viel früher als bei Gasen hat man die innere Reibung bei Flüssigkeiten beobachtet, aus dem einfachen Grund, weil sie hier in viel größerem Maße auftritt. Haben wir in einem Gefäß eine Flüssigkeit, die wir durch Umrühren in Bewegung setzen, so kommt sie, nachdem wir zu rühren aufgehört haben, allmählich wieder zur Ruhe. Diese Beruhigung tritt bei den verschiedenen Flüssigkeiten in verschiedener Zeit ein. Eine zähe Flüssigkeit beruhigt sich rasch, eine leichtflüssige langsam. Öl kommt viel rascher zur Ruhe als Wasser. Wir sagen: Die innere Reibung des Öls ist größer als die des Wassers.

Reibung tritt immer auf, wenn zwei Körper aufeinander gleiten. In unserem Falle gleiten die verschiedenen schnellen Schichten der Flüssigkeit aufeinander. Die langsamere übt dabei auf die schnellere eine Verzögerung aus. Da nun die Flüssigkeitsschicht an der Gefäßwand überhaupt in Ruhe bleibt, so muß allmählich die ganze Flüssigkeit zur Ruhe kommen.

Durch die innere Reibung ist z. B. bedingt, daß eine Kugel in gleich schweren Flüssigkeiten verschieden rasch fällt. Füllen wir von zwei hohen Glaszylindern den einen mit Öl, den andern mit einer Mischung von Wasser und Alkohol, welche ebenso schwer wie das Öl ist, so wird eine Kugel in beiden Flüssigkeiten mit derselben Kraft nach abwärts gezogen werden, sie fällt aber im Wasser rascher als im Öl. Die Fallgeschwindigkeit ist durch die innere Reibung der jeweiligen Flüssigkeit bestimmt, d. h. man kann aus solchen Ver-

suchen die Größe der inneren Reibung berechnen, oder umgekehrt aus der inneren Reibung und der Fallgeschwindigkeit die Größe der fallenden Kugel.

Genau dasselbe tritt nun auch bei Gasen ein. Fein verteilte feste Körper fallen in der Luft nur langsam zu Boden. So sinkt z. B. in ruhiger Luft der Zigarrenrauch langsam zur Erde. Aus der Fallgeschwindigkeit und der inneren Reibung der Luft läßt sich die Größe der Rauchteilchen berechnen. Desgleichen läßt sich die Größe der Wassertröpfchen bestimmen, aus welchen ein Nebel besteht, wenn wir beobachten, mit welcher Geschwindigkeit dieser Nebel in der Luft sinkt.

Wir wollen nun versuchen, den Zusammenhang zwischen der inneren Reibung der Luft und der mittleren Weglänge der Molekeln begreiflich zu machen.

Wir denken uns zwei geradlinige, neben einander befindliche Schienenstränge, auf welchen sich je ein sehr leicht beweglicher Wagen befinde. Der eine sei in Ruhe und wir stehen selbst darauf. Der andere sei leer und rolle mit einer gewissen Geschwindigkeit an uns vorüber. In dem Moment, wo er an unserem Wagen vorbeifährt, wollen wir von unserem auf den vorbeifahrenden Wagen springen. Die Folge wird sein, daß der bewegliche Wagen eine Bremsung erfährt und mit kleinerer Geschwindigkeit seinen Weg fortsetzt. Wir machen jetzt einen zweiten Versuch. Der leere Wagen soll stillstehen und wir fahren mit einer gewissen Geschwindigkeit an ihm vorüber. In dem Augenblick, wo wir ihm am nächsten sind, springen wir auf den ruhenden Wagen

über. Wir werden ihm dann von der eigenen Geschwindigkeit, die wir noch vom ersten Wagen besitzen, einen Teil mitteilen, und nun, wenn auch mit geringerer Geschwindigkeit, auf dem zweiten Wagen weiterfahren.

Anstatt zweier Wagen denken wir uns nun zwei Luftschichten. Die eine sei in Ruhe, die andere streiche mit einer bestimmten Geschwindigkeit über die erste hinweg. Nach unserer Vorstellung fliegen beständig zwischen diesen zwei Schichten Molekeln hin und her. Der Effekt wird derselbe sein wie bei unserem Wagenversuch. Die Molekeln, welche aus der ruhenden Schicht in die bewegliche kommen, suchen diese aufzuhalten, die aber aus der beweglichen in die ruhende Schicht fliegen, erteilen derselben eine Bewegung im Sinne der beweglichen Schicht.

Denken wir uns eine Reihe von dünnen Luftschichten übereinander, und zwar so, daß die Geschwindigkeit der Schichten mit zunehmender Höhe wächst. Die Verzögerung, welche eine Schicht durch die hin- und herfliegenden Molekeln erfährt, wird um so größer sein, aus je tieferen Schichten die Molekeln kommen. Diese Tiefe steht aber in innigem Zusammenhang mit der mittleren Weglänge der Molekeln. Es ist daher auch Maxwell gelungen, durch solche Vorstellungen den ganzen Vorgang der inneren Reibung in eine mathematische Formel zu fassen und aus der Größe der inneren Reibung die mittlere Weglänge der Molekeln zu berechnen.

Die Zahlenwerte, die man so erhält, sind sehr klein, Es ergibt sich, daß in der Luft bei gewöhnlichem Druck die Molekeln im Mittel Wege zurücklegen, die etwa 0·0001 mm betragen. Das heißt, daß jede Molekel, wenn sie den Gesamtweg von 1 mm zurücklegt, bereits 10.000 Zusammenstöße erfährt. Mit jedem solchen Zusammenstoß ist eine Ablenkung von ihrer jeweiligen Bewegungsrichtung verbunden. Das macht wohl begreiflich, warum die Gase bei derartigen Hindernissen nur ganz allmählich ineinander eindringen können.

Man sieht wohl leicht ein, daß die mittlere Weglänge um so kleiner werden muß, je dichter das Gas und je größer der Querschnitt der Molekeln ist; denn beide Umstände begünstigen ja die Zusammenstöße. Tatsächlich läßt die Formel für die mittlere Weglänge jene Fläche berechnen, welche die Molekeln, die in einem Kubikzentimeter Luft enthalten sind, ausfüllen, wenn wir sämtliche Molekeln so nebeneinander legen, daß sie sich vollständig berühren, ohne daß aber eine auf einer andern liegt. Die Schichte, die wir so erhalten, hat dann die Dicke einer Molekel. Würden wir also das Volumen kennen, welches diese Gasmolekeln einnehmen, so könnten wir sofort die Dicke dieser Schicht und damit die Größe der Molekeln angeben.

Der Wiener Physiker Loschmidt sagte sich nun: Wenn ich ein Gas zusammendrücke, so müssen die Molekeln sich einander immer mehr nähern. Ich muß daher mit wachsendem Druck auf ein Volumen kommen, welches man nicht weiter verkleinern kann. Das ist

dann der Fall, wenn sämtliche Molekeln sich bereits berühren. Dieses Volumen ist allerdings bedeutend kleiner als jenes, welches die Gase bei gewöhnlichem Luftdruck einnehmen. Es beträgt etwa nur ein Tausendstel dieses Volumens. Wir sind somit in der Lage, die Größe der Molekeln zu berechnen und auch die Zahl der Molekeln, welche in einem Kubikzentimeter enthalten sind. Beide Größen wurden zuerst von Loschmidt bestimmt.

Für die Größe, d. h. den Durchmesser der Molekeln, erhält man Zahlen, welche ungefähr noch tausendmal kleiner sind als die mittlere Weglänge. Es möge daran erinnert werden, daß, wenn wir sämtliche Molekeln, welche in einem kleinen Wassertropfen, etwa von der Größe eines Stecknadelkopfes, enthalten sind, perlenschnurartig nebeneinander legen könnten, wir dadurch einen Wasserfaden erhielten, der hundertmal um die Erde ginge. Andererseits muß die Zahl der Molekeln in einem Kubikzentimeter Luft ungeheuer groß sein. Man hat ihr den Namen die Loschmidtsche Zahl gegeben. Sie hat den Wert

$$Z = 23 \cdot 10^{18},$$

d. h. 23 Trillionen, also eine Zahl, welche wir erhalten, wenn wir an 23 noch 18 Nullen anhängen.

Nach unseren früheren Auseinandersetzungen ist es mehr angezeigt, diese Zahl für ein Mol des Gases zu berechnen; denn sie gilt dann nicht nur für ein Gas, sondern für jeden beliebigen Körper. Da man leicht bestimmen kann, wie viel Kubikzentimeter ein Mol eines Gases, z. B. des Wasserstoffes, ausmacht, so ist auch leicht die

zugehörige Zahl zu finden. Die so definierte Loschmidtsche Zahl ist

$$Z = 6 \cdot 10^{23}.$$

Die kinetische Gastheorie hat später noch verschiedene andere Wege gefunden, die Größe der Molekeln zu berechnen. Es ist G. Jäger auch gelungen, die Anschauungen der kinetischen Gastheorie auf die Theorie der Flüssigkeiten zu übertragen. Auch da fanden sich Wege, die zur Größe der Molekeln führen. So ergaben z. B. die Eigenschaften des Quecksilbers für ein Mol Quecksilber dieselbe Zahl, welche wir bereits angeführt haben.

In neuerer Zeit ist man von ganz anderer Seite wiederum auf die Loschmidtsche Zahl gestoßen, wobei man ebenfalls die bereits genannte Zahl gefunden hat. Um zu diesem Forschungsergebnis zu gelangen, müssen wir jedoch vorerst das Gebiet der elektrischen Erscheinungen betreten.

Wir setzen als bekannt voraus, was man unter einem elektrisch geladenen Konduktor zu verstehen hat. Dieser enthält je nach der Ladung eine bestimmte Elektrizitätsmenge. Je größer diese ist, desto größer ist auch die Spannung oder, wie man mit dem Fremdwort sagt, das Potential der Elektrizität auf dem Konduktor. Leiten wir durch einen Draht den Konduktor zur Erde ab, so fließt durch den Draht ein elektrischer Strom. Dieser ist um so stärker, je höher das Potential des Konduktors und je geringer der Widerstand im Leiter ist.

Durch den elektrischen Strom wird in letzterem selbst Wärme erzeugt. Bei genügender Stromstärke wird der Leiter glühend, wie wir an einer Glühlampe beobachten können. Wir erhalten einen konstanten elektrischen Strom, wenn wir die beiden Enden der Leitung auf einem konstanten Potentialunterschied halten. Das wird z. B. von einer elektrischen Zentrale besorgt. Diese leitet in die Wohnungen zwei Kabel, welche auf verschiedener konstanter elektrischer Spannung gehalten werden. Schalten wir zwischen die beiden Kabel eine Glühlampe, so geht durch sie ein konstanter elektrischer Strom. Der Widerstand der Lampe muß dabei ein genau bestimmter sein. Wäre er zu groß, so würde der Strom zu schwach und die Lampe würde nicht glühen. Ist der Widerstand zu klein, so wird der Strom zu stark, die Lampe würde zu rasch abgenützt.

Wir lassen jetzt den elektrischen Strom der Straßenleitung folgenden Weg wandern. Er gehe von dem einen Ende der Leitung zu einem Platinblech *A*, welches in einen Glastrog *T* (Fig. 1) eintaucht. Der Trog sei mit Wasser gefüllt. Durch ein zweites Platinblech *B* kann der Strom austreten und gelangt zu einer Glühlampe *G*, von dort zum zweiten Kabel der Straßenleitung.

Die Stromstärke wird wieder von den Widerständen abhängen, welche zwischen den beiden Leitungsenden eingeschaltet sind. In unserem Fall sind das im wesentlichen der Widerstand des Wassers und jener der Glühlampe. Enthält der Trog reines Brunnenwasser oder noch besser destilliertes Wasser, so ist der Widerstand

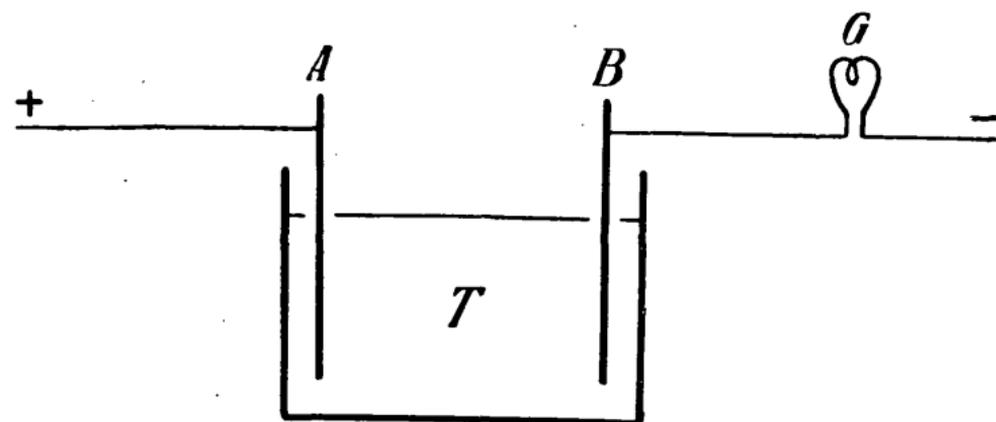


Fig. 1.

gewöhnlich so groß, daß die Lampe nicht ins Glühen kommt. Daß die Ursache davon der Widerstand des Wassers ist, sieht man ohneweiters, wenn man die beiden Platinbleche *A* und *B* durch einen Metalldraht überbrückt. Sofort leuchtet die Lampe auf. Nehmen wir anstatt eines Metalldrahtes einen anderen Körper, z. B. ein entsprechend großes Stück Steinsalz, so erweist sich dieses als Nichtleiter, die Lampe bleibt dunkel.

Wenn wir nun in den Trog feinkörniges Kochsalz streuen, so fängt mit zunehmendem Salzgehalt die Lampe erst rot, dann gelb und schließlich weiß zu glühen an. Dadurch, daß wir das nichtleitende Kochsalz in dem schlecht leitenden Wasser gelöst haben, haben wir eine gut leitende Kochsalzlösung erhalten.

Es gibt eine große Zahl von Körpern, welche, im Wasser gelöst, es in ähnlicher Weise zu einem guten

Leiter der Elektrizität machen. Man nennt solche Körper Elektrolyte.

Man kann nun, wenn ein starker Strom durch eine Salzlösung geht, beobachten, daß jede Elektrizitätsleitung durch einen Elektrolyten mit einem chemischen Prozeß verbunden ist. Haben wir z. B. in das Wasser etwas Salzsäure gegeben, so zeigt sich beim Passieren des Stromes, daß an der Eintrittsstelle *A* (Fig. 1) des Stromes Gasblasen aufsteigen und ebenso an der Austrittsstelle *B*. Es sind dies jene Gase, aus welchen sich die Salzsäure zusammensetzt, also Wasserstoff und Chlor. Ferner erkennt man, daß das Chlor an der Eintrittsstelle auftritt, der Wasserstoff nur an der Austrittsstelle.

Bei näherer Untersuchung dieser Erscheinungen hat nun Faraday gefunden, daß alle chemischen Zersetzungsprodukte sich einteilen lassen in solche, welche immer an der Eintrittsstelle, und solche, welche nur an der Austrittsstelle auftreten. Wasserstoff, Natrium treten z. B. immer an der Austrittsstelle, Chlor nur an der Eintrittsstelle des Stromes auf. Ferner ist die Menge der ausgeschiedenen Stoffe immer proportional der Menge der Elektrizität, welche durch die Lösung hindurchgeht. Um somit 1 g Wasserstoff auszuschcheiden, bedarf es einer ganz bestimmten Elektrizitätsmenge. Zerlegen wir Salzsäure, so zeigt sich ferner, daß, so oft an der Austrittsstelle des Stromes 1 g Wasserstoff abgeschieden wurde, an der Eintrittsstelle 35·5 g Chlor entstanden sind. Zerlegen wir Kochsalz, so können mit derselben Elektrizitätsmenge an der Eintrittsstelle 35·5 g Chlor, an der

Austrittsstelle 23 g Natrium<sup>•</sup>abgeschieden werden. Das heißt: die Stoffe scheiden sich immer in solchen Mengen aus, daß sie miteinander wieder eine chemische Verbindung eingehen können, ohne daß von irgendeiner Substanz ein Rest übrig bleibt.

Die Elektrizitätsmenge, welche das Atomgewicht einer einwertigen Substanz — eine solche ist z. B. der Wasserstoff — ausscheidet, nennt man das elektrochemische Äquivalent. Das ist also jene Elektrizitätsmenge, welche 1 g Wasserstoff ausscheidet, da ja das Atomgewicht des Wasserstoffes gleich eins ist.

Es wäre noch dafür eine Erklärung zu geben, warum die einen Substanzen bei der Zersetzung immer zur Eintrittsstelle, die anderen zur Austrittsstelle des Stromes wandern. Auch das ist nicht schwer zu verstehen.

Wenn wir zwei Metallplatten einige Zentimeter von einander entfernt parallel, horizontal aufstellen (Fig. 2), die untere leitend mit der Erde, die obere mit einer Elektrisiermaschine verbinden, die untere Platte etwa mit Sägespänen oder sonst leichten Körperchen bestreuen, so bemerken wir bei der Erregung der Elektrisiermaschine ein beständiges Auf- und Abhüpfen der Sägespäne zwischen den beiden Platten.

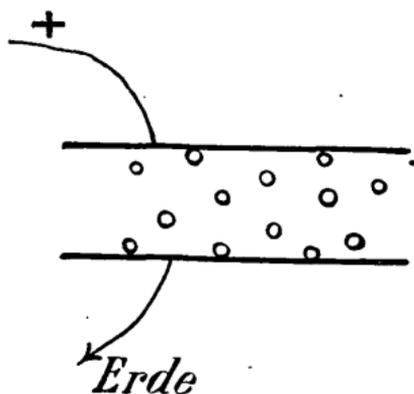


Fig. 2.

Die Ursache davon ist die, daß sich die Sägespäne durch Verteilung elektrisch laden, und zwar laden sich die auf der unteren Platte liegenden negativ, wenn die obere Platte positiv geladen ist. Sie werden infolgedessen von der oberen Platte angezogen. Sowie sie dieselbe aber berühren, geben sie ihre Elektrizität ab und laden sich positiv, werden somit abgestoßen und gelangen zur unteren Platte, wo sie die positive Elektrizität abgeben, sich wieder negativ laden und zur oberen Platte zurückkehren usw.

Ordnet man diese ganze Vorrichtung in einem Glastrog an und nimmt man kleine Kohlentelchen an Stelle der Sägespäne, so läßt sich das Ganze leicht auf einen Schirm projizieren. Das Spiel bleibt dasselbe, wenn man den Glastrog mit reinem Petroleum füllt, da dieses ein vollständiger Nichtleiter der Elektrizität ist. Durch den Widerstand des Petroleums aber wird die Bewegung der Kohlentelchen gedämpft, so daß man die Bewegung eines Teilchens leicht an dem auf einen Schirm entworfenen Bild verfolgen kann.

Zwischen Platten verschiedener elektrischer Spannung bewegen sich also leichte Körper nur dann, wenn sie selbst elektrisch geladen sind. Nehmen wir daher eine solche Bewegung wahr, so können wir den Schluß ziehen, daß wir es mit elektrisch geladenen Teilchen zu tun haben. Diese Annahme bewährt sich vollständig bei den Erscheinungen der Elektrolyse.

Wenn wir einen Körper lösen, so setzen wir voraus, daß der Körper derartig zerteilt wird, daß jede Molekel

getrennt von den anderen für sich vorhanden ist, wie die Molekeln im gasförmigen Zustand. Bei den Elektrolyten nimmt man noch eine weitere Zerlegung der Molekeln an in einen Teil, welcher positiv, und einen Teil, welcher negativ elektrisch geladen ist.

Bringen wir nun, wie in Fig. 1, in die Lösung zwei auf verschiedener Spannung befindliche Metallplatten hinein, so müssen die positiv geladenen Teilchen zur einen, die negativen zur anderen gehen. Auf diese Weise entsteht die Trennung des Elektrolyts und gleichzeitig der elektrische Strom.

So wie wir nun angenommen haben, daß jeder Körper aus Molekeln besteht, so müssen wir weiter annehmen, da jede elektrolytisch ausgeschiedene Wasserstoffmenge eine ihr genau proportionale Elektrizitätsmenge mitführt, daß jedem Wasserstoffatom eine ganz bestimmte Elektrizitätsmenge zukommt. Dies ist nur denkbar, wenn wir uns auch die Elektrizität so wie die Materie atomistisch vorstellen. Das heißt, eine Elektrizitätsmenge kann ebenfalls nicht ins Unendliche geteilt werden, sondern wir kommen bei fortgesetzter Teilung zu einem Grenzwert der kleinsten möglichen Elektrizitätsmenge. Man nennt diese Menge das Elementarquantum der Elektrizität. Die Teilchen als Individuen heißen Elektronen.

Ähnlich wie bei den Elektrolyten geht der Prozeß der Elektrizitätsleitung in Gasen vor sich. Es gibt Körper, welche die Luft in ihrer Umgebung leitend machen. Man nennt solche Körper Ionisatoren. Der heute wohl bekannteste Ionisator ist aber das Radium, nach

dem man ähnlich wirkende Substanzen auch radioaktive Körper nennt.

Laden wir ein Elektroskop (Fig. 3), welches seine Ladung durch zwei sich abstoßende Metallblättchen *BB* anzeigt, und halten wir über die Platte *P* einen radioaktiven Körper *R*, so fallen die Blättchen allmählich zusammen, ein Beweis, daß das Elektroskop seine Elektrizität abgibt, was infolge des entstandenen Leitvermögens der Luft geschieht. In diesem Zustand ent-

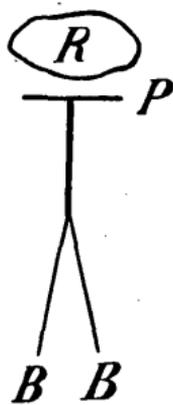


Fig. 3.

hält die Luft positive und negative elektrische Teilchen, welche in ähnlicher Weise wie die verschieden geladenen Teilchen in einer Lösung den elektrischen Strom bilden.

Ist die Luft mit Wasserdampf gesättigt und kühlen wir sie ab, so schlägt sich ein Teil des Dampfes als Nebel nieder, d. h. das dampfförmige Wasser wird flüssig. Man hat erkannt, daß sich das Wasser zuerst an den Staubeilchen der Luft ansetzt, welche so beschwert langsam zu Boden fallen. Dadurch entstehen die Großstadtnebel, indem die Rauchteilchen in der Luft zu sogenannten Kondensationskernen des Wasserdampfes werden. Auch die positiv und negativ geladenen Luftteilchen bilden solche Kondensationskerne, wobei jedoch die auffallende Erscheinung auftritt, daß negative Teilchen den Wasserdampf leichter kondensieren als positive.

Die Erwärmung oder Abkühlung der Luft kann auf verschiedene Weise erfolgen. Der gewöhnliche Vor-

gang ist der, daß durch die Sonnenstrahlen die Luft erwärmt wird. Dadurch wird sie befähigt, mehr Wasserdampf aufzunehmen, was z. B. zur Folge hat, daß die Morgennebel mit steigender Sonne verschwinden. Des Abends strahlt dann die Luft ihre Wärme wieder aus. Ist sie mit Wasserdampf gesättigt, so muß Kondensation, Tau, Nebel eintreten.

Die Luft kann sich aber auch noch auf andere Weise erwärmen oder abkühlen. Es läßt sich leicht zeigen, daß rasch zusammengepreßte Luft so heiß werden kann, daß sie leicht entzündliche Stoffe, sogar Zündschwamm, entflammen kann. Darauf beruht das sogenannte pneumatische Feuerzeug, ein Zylinder, in dem man durch rasches Hineinstoßen eines Kolbens die Luft stark erhitzt. Trägt der Kolben an seinem inneren Ende einen leicht entzündlichen Körper, so fängt er Feuer.

Es zeigt sich überhaupt ganz allgemein, so oft die Luft zusammengedrückt wird, erwärmt sie sich, so oft sie sich ausdehnt, kühlt sie sich ab. Wie wir am Barometer beobachten können, haben wir es in der Natur fast beständig mit Luftdruckänderungen zu tun. Steigt das Barometer, so heißt das nichts anderes, als daß der Druck der Luft größer wird. Mit wachsendem Druck wird aber die Luft komprimiert und dadurch erwärmt, ist somit in der Lage, mehr Wasserdampf aufzunehmen. Steigt also das Barometer, so wird die Luft vorhandene Nebel oder Wolken auflösen. Das Wetter heitert sich aus. Das Gegenteil tritt beim Fallen des Barometers

ein. Darauf beruht die Möglichkeit, aus dem Gang des Barometers auf die bevorstehende Witterung zu schließen.

Mit zunehmender Höhe nimmt der Luftdruck ab. Das Barometer fällt, wenn wir mit ihm einen Berg besteigen. Strömt daher die Luft von den Höhen ins Tal, so wird sie verdichtet und erwärmt, kann Nebel und Wolken auflösen; der Bergwind bringt uns heiteres Wetter. Strömt sie von unten nach oben, so verdünnt sie sich, kühlt sich ab und erzeugt Niederschläge. Das sind uralte Erfahrungstatsachen. Bildet sich bei Wind Rauhreif, so beobachtet man, daß sich der Reif an die Zweige und Äste der Bäume nach der Windrichtung ansetzt, d. h. an jene Seite, welche vom Wind nicht getroffen wird. Bläst nämlich der Wind gegen einen Körper, so wird auf der angeblasenen Seite die Luft verdichtet, auf der entgegengesetzten verdünnt. Dort, wo die Verdünnung ist, wird Niederschlag stattfinden, der gefriert, wenn die Temperatur tief genug ist.

Wir können Niederschlagserscheinungen direkt in einer Flasche beobachten, welche mit Luft gefüllt ist und nur am Boden etwas Wasser enthält. Saugen wir an der Flasche, d. h. verdünnen wir die Luft in ihr, so tritt sofort Nebelbildung ein. Man kann dies deutlich beobachten, wenn die Flasche sich im Dunkeln befindet und nur ein Lichtstrahl durch sie hindurchgeht. Sowie man saugt, zeigt sich ein heller Nebelstreif. Blasen wir nun in die Flasche hinein, d. h. verdichten wir die Luft, so verschwindet sofort der Nebel wieder.

Erzeugt man auf diese Weise in einem senkrechten Glaszylinder Nebel, so kann man beobachten, wie er allmählich fällt, indem zuerst der oberste Teil des Zylinders vom Nebel frei wird. Der Nebel hat oben eine scharfe Begrenzung, die immer tiefer sinkt. Daraus folgt, daß die einzelnen Nebelteilchen in der Luft gleich schnell fallen. Dies tun sie nach dem Früheren aber nur, weil sie gleich groß sind. Ferner können wir aus der Fallgeschwindigkeit die Tropfengröße und aus dieser das Tropfengewicht bestimmen.

Es ist dem englischen Physiker Wilson gelungen, durch genau angepaßte Verdünnung in ionisierter Luft nur Niederschlag auf negativ geladenen Luftteilchen zu erhalten. Erzeugen wir einen solchen Nebel zwischen zwei elektrisch geladenen horizontalen Platten, so können wir auf die elektrisch geladenen Tröpfchen elektrische Kräfte wirken lassen, welche entgegengesetzt der Fallrichtung sind und dadurch den Fall verzögern. Mißt man jetzt neuerdings die Fallgeschwindigkeit, so läßt sich daraus die Ladung der einzelnen Tröpfchen bestimmen.

Ist die atomistische Theorie der Elektrizität richtig, so müssen diese Tröpfchen das Elementarquantum oder ein ganzzahliges Vielfaches desselben besitzen. In der Tat fand Wilson, daß die meisten Tröpfchen dieselbe elektrische Ladung, andere hingegen ganzzahlige Vielfache derselben hatten.

Die so bestimmten schwächsten Ladungen der Tröpfchen multipliziert mit der Loschmidtschen Zahl

müssen, wenn unsere Anschauungen richtig sind, das elektrochemische Äquivalent ergeben. Oder wir können auch umgekehrt schließen. Dividieren wir das elektrochemische Äquivalent durch das Elementarquantum, so müssen wir die Loschmidtsche Zahl erhalten.

Der Wiener Physiker Ehrenhaft hat mit Hilfe des Ultramikroskops die Fallgeschwindigkeit von kleinen Metallteilchen im elektrischen Feld und ohne dieses beobachtet und konnte so die Ladung an einzelnen Teilchen bestimmen. Diese Methode wurde durch Millikan insofern verbessert, als er geladene Teilchen von zerstäubtem Öl mit dem Fernrohr beobachtete. Diese können größer gewählt werden, lassen deshalb eine genauere Berechnung der elektrischen Ladung zu. Die Arbeiten Millikans zeigten uns aufs deutlichste, daß wir es mit Elementarquanten der Elektrizität zu tun haben, und wenn wir daraus die Loschmidtsche Zahl berechnen, so finden wir:

$$Z = 6 \cdot 10^{23}.$$

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien](#)

Jahr/Year: 1913

Band/Volume: [53](#)

Autor(en)/Author(s): Jäger Gustav

Artikel/Article: [Die Loschmidtsche Zahl. 339-362](#)