

Die
elektrische Leitfähigkeit der Gase.

Von

Prof. Dr. Gustav Jäger.

Vortrag, gehalten den 26. Januar 1910.

(Mit Demonstrationen.)

Nach alter Erfahrung läuft das Wasser nie den Berg hinauf, sondern immer nur nach abwärts. Als Ursache davon sehen wir die Schwerkraft an, die alle Körper, somit auch das Wasser nach dem Mittelpunkt der Erde zu ziehen trachtet. Kann das Wasser diesem Zug nicht folgen, befindet es sich z. B. in einem Gefäß, so äußert sich diese Kraft als Druck auf den Boden des Gefäßes. Dieser Druck wird umso größer, je höher das Wasser im Gefäß steht. Man weiß, daß dieser sogenannte Bodendruck immer proportional der Höhe der Wassersäule über den Boden, hingegen unabhängig von der Form des Gefäßes ist. Wenn wir uns demnach zwei Gefäße (Fig. 1) durch ein enges Rohr verbunden denken, so wird an den beiden Enden *A* und *B* des Rohrs jener Druck herrschen, der der jeweiligen Wassersäule *H* beziehungsweise *h* entspricht. Da nach unserer Zeichnung *H* größer als *h* ist, so ist auch der Druck bei *A* größer als bei *B*, folglich muß das Wasser durch das Rohr in der Richtung *AB* getrieben werden. Wenn wir also behaupten, das Wasser fließe von *A* nach *B*, weil es im Gefäß *I* höher steht als im Gefäß *II*, so geben wir nicht die direkte, sondern eine sekundäre Ursache an. Es fließt von *A* nach *B*, weil der Druck in *A* größer ist als in *B*. Wir können

das Fließen ja sofort verhindern, wenn wir im Gefäß *II* einen verschiebbaren Kolben anbringen und ihn genügend belasten. Ja, wir können sogar bewirken, daß das Wasser von *B* nach *A* fließt, wenn wir auf den Kolben eine derartige Last wirken lassen, daß der Druck des Wassers bei *B* größer wird als bei *A*.

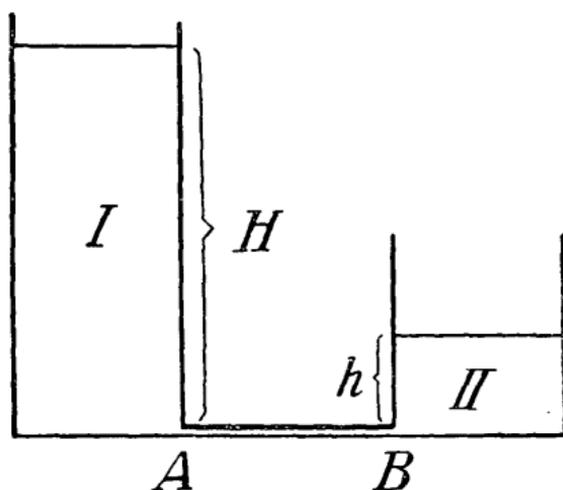


Fig. 1.

Eine ganz analoge Erscheinung wie bei der Strömung des Wassers zeigt sich bei der Strömung der Elektrizität. Haben wir etwa (Fig. 2) zwei isolierte Metallkugeln, die elektrisch geladen sind und verbinden wir sie mit einem Metalldraht *D*, so zeigt sich im allgemeinen, daß ein elektrischer Strom von der einen Kugel zur andern fließt. Geht er von *I* nach *II*, so sagen wir: in der Kugel *I* ist die Spannung oder das Potential höher als in der Kugel *II*. Wie das Wasser in einem horizontalen Rohr von dem Punkte höheren Drucks zu

jenem niedrigeren fließt, so strömt die Elektrizität immer von Punkten höheren zu Punkten tieferen Potentials. Ein elektrischer Strom entsteht also nur dann, wenn wir es mit Potentialunterschieden zu tun haben.

Die Stärke der Strömung im Draht *D* ist aber nicht allein vom Potentialunterschied in den Kugeln abhängig, sondern auch von der Verbindung *D* selbst. Wählen wir ganz gleiche Drähte aus verschiedenem Metall, so zeigt sich, daß je nach der Natur des Metalls die Stromstärke

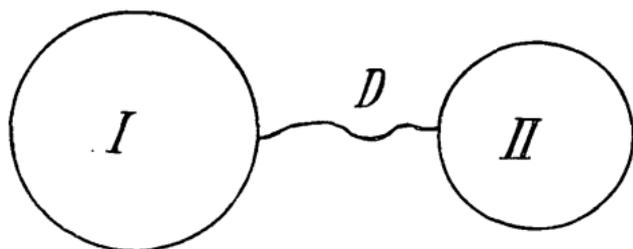


Fig. 2.

verschieden ist. Durch einen Kupferdraht fließt in der gleichen Zeit mehr Elektrizität als durch einen gleich dimensionierten Eisendraht. Wir sagen: Kupfer ist ein besserer Leiter der Elektrizität als Eisen. Während die Metalle im allgemeinen gute Leiter der Elektrizität sind, leiten die Nichtmetalle viel schlechter, ja es gibt Körper, welche die Elektrizität überhaupt nicht durchlassen, z. B. Glas, Harze und ähnliches. Wir nennen sie Nichtleiter oder Isolatoren. Zu den Nichtleitern müssen wir unter gewöhnlichen Umständen auch die Luft und die übrigen Gase rechnen; denn es zeigt sich, daß eine von einem guten Isolator getragene Metallkugel eine

ihr mitgeteilte elektrische Ladung unverändert beibehält. Wäre die Luft ein Leiter, so müßte die Kugel ihre Elektrizität ja rasch an die Umgebung abgeben. Gleich der Luft verhalten sich die übrigen Gase.

Zur Beobachtung der Stärke der Ladung bedient man sich eines Elektroskops, das in einfachster Ausführung (Fig. 3 *a* und *b*) aus

einem Metallstift *S* mit zwei leichten Metallblättchen *B* besteht. Ist das Elektroskop nicht geladen, so hängen die Blättchen parallel herunter (Fig. 3 *a*), ist es geladen, so stoßen sich die Blättchen *B* ab, und zwar um so mehr, je größer der Potentialunterschied zwischen den Blättchen und der Umgebung ist. Verbinden wir also das Elektroskop durch einen Draht *D* mit

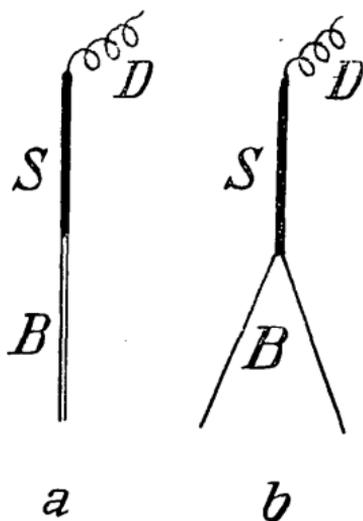


Fig. 3.

einer geladenen Kugel, so nimmt das Elektroskop dasselbe Potential an wie die Kugel und wird einen bestimmten Winkel der Blättchen aufweisen. Ändert sich dieser Winkel nicht, so bleibt auch die Ladung unverändert und wir müssen annehmen, daß die sie unmittelbar berührenden Körper, zu denen ja in erster Linie die Luft gehört, Nichtleiter der Elektrizität sind.

Wir haben bis jetzt die Elektrizität wie ein Fluidum behandelt, ohne zu berücksichtigen, daß die direkten

Erscheinungen den Eindruck machen, als gebe es zweierlei Elektrizität. In der Tat hat es sich auch bis auf den heutigen Tag als vorteilhaft gezeigt, an der Annahme dieser zwei Arten von Elektrizität festzuhalten. Man pflegt sie, da sie in vielfacher Hinsicht entgegengesetztes Verhalten zeigen, positive und negative Elektrizität zu nennen. Wir wollen nur erwähnen, daß wir von einem unelektrischen Körper nicht annehmen müssen, daß er gar keine Elektrizität besitzt, sondern er erscheint uns immer unelektrisch, wenn er gleich viel positive und negative Elektrizität in gleicher Weise verteilt enthält, da sich dann die beiden Elektrizitäten in ihrer Wirkung neutralisieren. Wird ein Leiter von positiver Elektrizität in einer bestimmten Richtung durchflossen, so sind die Wirkungen des Stromes genau dieselben, als wenn negative Elektrizität in gleicher Menge aber in entgegengesetzter Richtung strömen würde. Fügen wir zu strömender positiver Elektrizität in gleicher Richtung strömende negative hinzu, so wird der Strom geschwächt. Lassen wir die negative Elektrizität gleichzeitig in entgegengesetzter Richtung fließen, so wird der Strom verstärkt usw.

Eigentümliche Erscheinungen treten auf, wenn wir die Elektrizität durch eine wässrige Lösung leiten. Ist eine solche Lösung ein guter Leiter der Elektrizität, so zeigt sich, daß beim Durchleiten eines Stroms die gelöste Substanz chemisch in zwei Teile gespalten wird, deren einer in der Richtung des Stroms, der andere entgegengesetzt wandert. Geben wir z. B.

in Wasser etwas Salzsäure, welche bekanntlich eine Verbindung von Wasserstoff und Chlor ist, so zeigt sich, daß beim Durchfließen des Stroms eine Ausscheidung von Chlor an der Eintrittsstelle eine Ausscheidung von Wasserstoff an der Austrittsstelle des Stroms erfolgt. Es wird somit der Wasserstoff vom höheren zum tieferen Potential getrieben; er muß also eine positive elektrische Ladung besitzen. Das Chlor wandert entgegengesetzt, ist also negativ geladen. Da die Salzsäure, welche wir in das Wasser gossen, unelektrisch war, so müssen wir annehmen, daß ebensoviel positive Elektrizität am Wasserstoff sitzen muß als negative am Chlor. Es bestätigt sich dies in der Tat. Ja noch mehr. Der berühmte Physiker Faraday hat gefunden, daß zu gleichen durch die Zersetzung gewonnenen Mengen einer Substanz immer die gleiche Elektrizitätsmenge erfordert wird, aus welcher Verbindung immer wir die Substanz gewinnen. Ferner treten die Zersetzungsprodukte immer in solchen Mengen auf, daß sie wieder untereinander ohne Rest eine chemische Verbindung eingehen können.

Die chemischen Erscheinungen führten zu der Anschauung, daß die Materie nicht ins Unendliche teilbar ist, zur sogenannten Atomtheorie. Wenn wir nun beobachten, daß zu gleichen Mengen der Zersetzungsprodukte immer dieselbe Elektrizitätsmenge gehört, so müssen wir weiter annehmen, daß einem jeden Atom eine ganz bestimmte Elektrizitätsmenge zukommt. Für dieses Resultat finden wir wiederum nur so eine befriedigende Erklärung, daß wir auch die Elektrizität als

eine Substanz ansehen, die nicht ins Unendliche teilbar ist, sondern ebenfalls aus kleinsten Teilchen ähnlich den Atomen der Materie besteht. Diese Teilchen hat man Elektronen genannt. Wir müssen positive und negative Elektronen unterscheiden. Das Quantum von Elektrizität, welches ein Elektron besitzt, ist für die positiven wie für die negativen gleich groß, so daß also ein positives vereint mit einem negativen Elektron keine elektrische Wirkung nach außen mehr geben kann. Die Erfahrung hat nun gezeigt, daß die positiven Elektronen nie für sich allein auftreten, sondern immer an Materie gebunden sind. Die negativen hingegen können sich von der Materie losreißen und frei für sich bestehen.

Eine gut leitende wässrige Lösung haben wir uns also so vorzustellen, daß durch die Auflösung nicht nur die einzelnen Molekeln der gelösten Substanz voneinander getrennt werden, sondern auch, wenigstens zum Teil, die in der Molekel vorhandenen Atome, so daß in der Lösung freie positive und negative Teilchen vorhanden sind. Derartig geladene Teilchen nennt man Ionen und den Vorgang der Zerlegung von Molekeln in Ionen Ionisierung. Sobald Ionen in einer Flüssigkeit vorhanden sind, wird sie elektrisch leitend.

Wie steht es nun mit den Gasen? Wäre es nicht denkbar, in einem Gas Ionen zu erzeugen und so das Gas leitend zu machen? Wir werden im späteren sehen, daß dies tatsächlich möglich ist. Vorerst müssen wir uns jedoch über den gasförmigen Zustand etwas näher orientieren.

Wenn eine Flüssigkeit verdampft, eine Substanz also aus dem flüssigen in den gasförmigen Zustand übergeht, so nimmt das Volumen außerordentlich zu. Wenn wir z. B. Wasser bei 100° C. in Dampf überführen, so erhalten wir eine Dampfmenge, die weit mehr als das tausendfache Volumen einnimmt, welches ursprünglich das Wasser hatte. Wir schließen daraus, daß im dampf- oder gasförmigen Zustand, was ja im wesentlichen auf dasselbe hinausläuft, die Molekeln verhältnismäßig weit voneinander entfernt sind. Gleichzeitig befinden sie sich in lebhafter fortschreitender Bewegung. Das hat zur Folge, daß sie beständig auf die Gefäßwände stoßen müssen, woraus der Gasdruck resultiert, daß sie ferner auch untereinander fortwährend Zusammenstöße machen. Für die Geschwindigkeiten der Molekeln besteht nun ein Gesetz, das man streng berechnen kann. Es kommen alle möglichen Geschwindigkeiten zwischen Null und Unendlich vor. Die Verteilung ist jedoch so, daß die meisten Molekeln eine Geschwindigkeit haben, die nahe einem bestimmten Mittelwert liegt, während die Geschwindigkeiten, die vom Mittelwert mehr oder weniger abweichen, umso seltener auftreten, je größer die Abweichung vom Mittelwert ist. Wenn wir daher sagen, es kann eine Molekel auch eine unendlich große Geschwindigkeit erlangen, so hat das praktisch keine Bedeutung, weil eine solche Geschwindigkeit unendlich selten vorkommt. Dasselbe ist mit unendlich kleinen Geschwindigkeiten der Fall, d. h. es tritt unendlich selten ein, daß eine Molekel vollkommen ruht.

Die mittlere Geschwindigkeit der Molekeln steht nun in innigem Zusammenhang mit der Temperatur des Gases. Je höher die Temperatur, desto größer wird auch die Geschwindigkeit, umso höher wird also auch der Druck des Gases, umso stärker werden die Zusammenstöße der Molekeln untereinander. Bestehen demnach die Molekeln aus Atomen, so kann es leicht geschehen, daß durch sehr starke Stöße der Zusammenhalt einer Molekel derartig gelockert wird, daß sie in ihre Atome zerfällt. Dies kann man tatsächlich beobachten. Wir nennen einen solchen Vorgang Dissoziation des Gases durch Erhöhung der Temperatur.

Soweit unsere Kenntnis der Elektronen reicht, ist es noch nie gelungen, ein positives Elektron von der Materie zu trennen, während es verhältnismäßig leicht ist, negative Elektronen vollkommen frei für sich bestehend zu erzeugen. Wir gehen daher vielleicht überhaupt nicht fehl, anzunehmen, daß jedes Atom an sich schon die Eigenschaften eines positiven Elektrons hat, und daß wir ein sogenanntes unelektrisches Atom nur dann erhalten, wenn es gleichzeitig mit einem negativen Elektron vereinigt ist. Ein solches unelektrisches Atom müssen wir also bereits als etwas Zusammengesetztes ähnlich einer Molekel auffassen, umsomehr natürlich eine unelektrische Molekel, welche aus mehreren Atomen besteht.

Gleicherweise nun, wie eine Molekel durch starke Stöße sich in Atome spalten kann, ist es auch möglich, daß sie negative Elektronen wegschleudert, die auf Nach-

barmolekeln stoßen und von diesen festgehalten werden. Wenn aber eine unelektrische Molekel negative Elektrizität ausgesendet hat, so muß sie selbst positiv elektrisch erscheinen, während jene ursprünglich unelektrische Molekel, welche negative Elektronen aufnahm, dadurch negativ elektrisch wird. Wir haben also wie in einer wässerigen Lösung in unserm Gas jetzt positive und negative Molekeln, das Gas ist ionisiert.

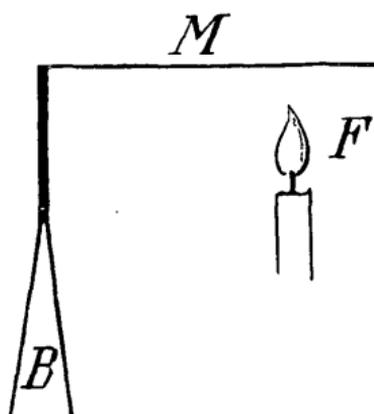


Fig. 4.

Diese Ionisation erfolgt aus denselben Ursachen wie die Dissoziation, d. h. sie wird umso größer, je höher die Temperatur des Gases wird. Sind aber einmal Ionen da, so muß das Gas auch die Elektrizität leiten, geradeso wie eine Flüssigkeit, welche Ionen enthält.

Dies geschieht nun in der Tat. Man kann sehr leicht auf folgende Weise nachweisen, daß irgendeine Flamme, sei es nun eine Kerzen-, Spiritus-, Gasflamme etc., die Elektrizität leitet. Wir besitzen wiederum das Elektroskop, welches zu dem Zweck passend mit einem Metallstreifen *M* (Fig. 4) versehen wird. Laden wir es, so bleiben unter gewöhnlichen Verhältnissen die Blättchen *B* divergent. Bringen wir aber jetzt unter den Streifen *M* eine Flamme *F*, welche den Streifen nicht zu berühren braucht, so sehen wir sofort ein Zusammenfallen

der Blättchen. Daraus schließen wir, daß dem Elektroskop die Elektrizität entzogen wird, was wieder nur möglich ist, wenn die umgebende Luft leitend geworden ist. Das, was in unserm Fall die Elektrizität fortführt, sind die Gase, welche von der Flamme F zum Streifen M aufsteigen. Wir haben also in einer Flamme in Übereinstimmung mit unseren Erwartungen Ionen. Die Gase sind Leiter der Elektrizität geworden.

Bringen wir in die Nähe eines positiv geladenen Körpers einen zweiten ebenfalls positiv geladenen, so sieht man, daß dieser vom ersten abgestoßen wird, ein negativ geladener wird hingegen angezogen. Wir drücken das so aus, daß wir sagen, der geladene Körper erzeugt ein elektrisches Feld. Bringen wir in das elektrische Feld andere elektrische Körper, so werden die positiv geladenen in der Richtung der elektrischen Kraft, die negativen in entgegengesetzter Richtung getrieben.

Befindet sich demnach ein Gas in einem elektrischen Feld, so werden auch die in den Molekeln enthaltenen Elektronen nach verschiedenen Richtungen getrieben werden, d. h. in den Molekeln werden Spannungen eintreten, welche die Elektronen zu trennen trachten. Ist die Spannung genügend groß, so werden sich die negativen Elektronen von den Molekeln losreißen, ähnlich wie bei der Erhitzung. Das Gas wird ionisiert, also wiederum ein Leiter der Elektrizität. Damit erklärt sich das Überspringen von elektrischen Funken zwischen Körpern verschiedener elektrischer Spannung. Ist der

Spannungsunterschied klein, so ist er nicht genügend, um die Luft leitend zu machen. Je größer er aber wird, desto stärker wird die ionisierende Kraft, bis schließlich das Zertrümmern der Molekeln in Ionen explosionsartig erfolgt, eine sogenannte Funkenentladung eintritt.

Eine Ionisation der Gase durch elektrische Kräfte kann auch noch auf verschiedene andere Weise hervor gebracht werden. Wir deuten die Röntgenstrahlen als elektrische Wellen, welche aus heftigen elektrischen Impulsen entstehen. Diese Wellen pflanzen sich mit Lichtgeschwindigkeit fort und treten überall dort, wo sie passieren, als starke elektrische Kräfte auf. Daraus können wir ohneweiters folgern, daß in der Umgebung einer in Tätigkeit begriffenen Röntgenröhre die Luft ionisiert werden muß, was sich mit Hilfe des Elektroskops auch sehr leicht nachweisen läßt.

Die sogenannten radioaktiven Substanzen, deren bekannteste wohl das Radium ist, senden positive und negative Elektronen, desgleichen den Röntgenstrahlen vergleichbare elektrische Strahlen aus, was alles man unter dem Namen Radiumstrahlen zusammenfaßt. Eine Folgeerscheinung dieser Strahlung muß aber wieder Ionisierung der umgebenden Luft sein. Man sieht das ohneweiters, wenn wir ein Stück Pechblende über ein geladenes Elektroskop halten, die Blättchen fallen zusammen. Wir haben es also mit einem radioaktiven Körper zu tun. Die Prüfung mit dem Elektroskop ist überhaupt die bequemste und sicherste Methode, radio-

aktive Körper zu erkennen. Sehr stark radioaktiv ist z. B. das Polonium. Man kann auf elektrolytischem Wege das Polonium aus einer Lösung auf ein Platinblech niederschlagen. Der Niederschlag, der so dünn ist, daß er auf gar keine Weise sonst wahrgenommen werden könnte, entlädt das Elektroskop sofort. Bekanntlich gibt es sehr viele radiumhaltige Quellen. Dieselben enthalten als Zerfallsprodukt des Radiums die sogenannte Radiumemanation, welche wie ein Gas vom Wasser absorbiert wird. Bläst man nun Luft durch das Wasser, so entweicht gleichzeitig die Emanation. Auch diese erweist sich radioaktiv, was man wiederum durch Entladen eines Elektroskops erkennen kann. Zu dem Zweck hat man nur nötig, über das Elektroskop ein Gefäß zu stülpen und die durch das radiumhaltige Wasser geblasene Luft daselbst aufzufangen. Sofort erkennt man am Zusammenfallen der Blättchen die ionisierte Luft. Dieser Versuch zeigt auch, daß die Emanation sich nur allmählich bildet, indem er sich rasch hintereinander nicht wiederholen läßt. Man muß dem radiumhaltigen Wasser Zeit gönnen, bis es wieder genügend viel Emanation absorbiert hat, was mitunter tagelang dauern kann.

Alle jene Mittel, welche wir zum Ionisieren der Gase gebrauchen können, nennen wir Ionisatoren. Es ist wohl selbstverständlich, daß mehrere gleichzeitig vorhandene Ionisatoren einander nur unterstützen und eine umso stärkere Ionisation erzeugen. Wir lernten eingangs hohe Temperaturen und starke Potentialunterschiede als

Ionisatoren kennen. Wir können leicht zeigen, daß das Überspringen von elektrischen Funken durch gleichzeitiges Entzünden einer Flamme, z. B. der Flamme einer Spirituslampe innerhalb der Funkenstrecke, das Überspringen der Funken bedeutend erleichtert. Vergrößern wir z. B. die Funkenstrecke eines Induktoriums, bis schließlich keine Funken mehr überspringen, so treten die Funken sofort, u. z. sehr intensiv auf, wenn wir in die Funkenstrecke eine Flamme bringen.

Wir haben bereits erfahren, daß die Dissoziation von der Temperatur abhängig ist. Bei vielen Gasen zeigt es sich nun auch, daß die Dissoziation in innigem Zusammenhang mit dem Druck steht. In diesem Fall wächst die Dissoziation mit abnehmendem Druck. Wie früher können wir daraus schließen, daß auch die Ionisation mit abnehmendem Druck leichter stattfinden muß. Daß dem so ist, können wir an den sogenannten Geißler-Röhren sehen. Das sind Glasröhren, welche an beiden Enden einen Platindraht eingeschmolzen haben. Die Luft oder irgendein anderes Gas im Rohr befindet sich jedoch nicht auf dem Druck einer Atmosphäre, sondern auf einem viel kleineren, wie er leicht durch eine Luftpumpe hergestellt werden kann. Solche Röhren lassen die Elektrizität auf große Längen durch bei Potentialunterschieden, die unter dem Druck einer Atmosphäre nur Funken von wenigen Millimetern Länge gestatten würden. Wäre im verdünnten Gas die Ionisation nicht mit kleineren Kräften zu erzielen als im dichteren, so wäre die erwähnte Erscheinung nicht möglich.

Eine der effektivsten Erscheinungen, bei welcher die Ionisation der Luft durch Zusammenwirken von großer Hitze und elektrischen Kräften bewirkt wird, ist der elektrische Lichtbogen. Die elektrischen Kräfte, welche zwischen den beiden Kohlen, die den Lichtbogen bilden, wirken, sind verhältnismäßig gering. Sie wären nie imstande, die Luft zwischen den Kohlenspitzen so kräftig zu ionisieren, daß die Elektrizität in solcher Stärke strömen könnte, wie es im Lichtbogen geschieht. Zur Erzeugung desselben ist es nötig, daß sich die Kohlen erst berühren. An der Berührungsstelle geht nun der Strom über und bringt die Kohlen dort zum Glühen. Erst jetzt ist es möglich, die Luft durch Auseinanderziehen der Kohlen genügend zu ionisieren und eine dauernde Strömung der Elektrizität zu unterhalten, welche das starke Glühen der Kohlenspitzen und damit den großen Lichteffect hervorbringt.

Bringen wir zwischen die Kohlenspitzen nicht bloß Luft, sondern leicht ionisierbare Dämpfe, so kann der Lichtbogen weit größer gemacht werden. Auch kommen dann nicht nur die Kohlen, sondern vor allem der Lichtbogen selbst in starkes Leuchten. Wir können das leicht erreichen, wenn wir Kohlen mit leicht verdampfenden Salzen tränken, was in der Beleuchtungstechnik heute vielfach angewendet wird.

Die Leitfähigkeit des Lichtbogens können wir drastisch zeigen, wenn wir ihn durch einen Wechselstrom erzeugen. In (Fig. 5) seien die senkrecht stehenden Kohlen $W W'$ jene, welche den Wechselstromlichtbogen

bilden. In diesen stecken wir die Kohlen $G G'$, die weiterhin mit einer galvanischen Batterie B und einem Galvanometer E , das nur auf Gleichstrom anspricht, verbunden sind. Sobald wir mit dem Schlüssel S den Stromkreis schließen, erfolgt ein Ausschlag des Galvanometers,

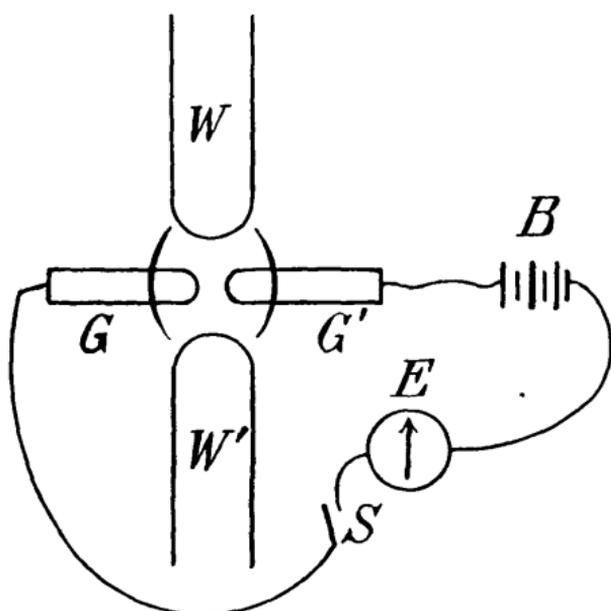


Fig. 5.

was nur möglich ist, wenn der Lichtbogen die Leitfähigkeit zwischen den beiden Kohlen $G G'$ hergestellt hat. Der Ausschlag des Galvanometers wird umso größer, je heißer die Kohlen $G G'$ werden. Die Ursache davon ist leicht einzusehen. Kalte Kohlen kühlen auch die Luft in ihrer Umgebung ab und heben damit die Ionisation auf.

Bringen wir die beiden Kohlen $G G'$ anstatt mit der kleinen Batterie B mit einer starken Gleichstrom-

quelle in Verbindung, so stellt sich zwischen ihnen ein Lichtbogen her, der natürlich auch dann fortbrennt, wenn wir den Wechselstrom ausschalten, da dieser ja nur die Rolle des Anzündens übernommen hat. In diesem Fall können wir also den Lichtbogen auch ohne Berühren der Kohlen herstellen, indem wir die Kohlenenden einfach in genügend ionisierte Luft bringen.

An diesen hier angeführten bescheidenen Beispielen erkennen wir bereits zur Genüge, welche fruchtbare Rolle die Theorie der Ionen und Elektronen auf dem Gebiet der Leitfähigkeit der Gase spielt.



ZOBODAT - 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: 1910

Band/Volume: [50](#)

Autor(en)/Author(s): Jäger Gustav

Artikel/Article: [Der Hirnmechanismus der menschlichen Bewegungen. 161-179](#)