**VI. Ueber eine Methode die Leitungsfähigkeit
von Flüssigkeiten für Elektrizität
zu bestimmen;
von Dr. A. Oberbeck,**

Lehrer an der Sophien-Realschule zu Berlin.

(Eine Gelegenheitsschrift zum 50jährigen Jubiläum der Friedrichs-
Werderschen Gewerbeschule.)

Während die elektrische Leitungsfähigkeit der Metalle durch zahlreiche und genaue Versuche festgestellt worden ist, und auf Grund dieser Versuche sich bereits bemerkenswerthe Gesetzmäßigkeiten, wie z. B. die Uebereinstimmung der Leitungsfähigkeit für Elektrizität und Wärme, ergeben haben, sind die entsprechenden Größen für Flüssigkeiten, welche durch den elektrischen Strom chemisch zersetzt werden, nur in einigen, wenigen Fällen genauer bekannt. Der Grund dieser Erscheinung liegt wohl hauptsächlich in der größeren Schwierigkeit der Untersuchung, nicht aber in dem geringeren Interesse, welches der Durchgang der Elektrizität durch zersetzbare Flüssigkeiten bietet. Vielmehr läßt die genaue Kenntniß dieses Vorgangs nach verschiedenen Seiten eine Bereicherung unseres Wissens erwarten, indem dieselbe sowohl für die Theorie des elektrischen Stromes als auch für die Erkenntniß der physikalischen Eigenschaften der Flüssigkeiten und für den Proceß der chemischen Zersetzung von Bedeutung zu werden verspricht. Die erste Grundlage für das Studium dieser Erscheinungen ist eine umfassende Ermittlung der Leitungsfähigkeit der verschiedensten Flüssigkeiten. Wie indess schon erwähnt, ist gerade diese Bestimmung mit einer Reihe experimenteller Schwierigkeiten verbunden, und ist es erst in neuester Zeit gelungen, die Mängel früherer Methoden zu vermeiden und zuverlässige Resultate zu liefern ¹⁾. Doch

1) Vgl. Wiedemann, Galvanismus und Elektromagnetismus 1872, I, 323 — 333.

erstrecken sich dieselben nur auf eine kleine Anzahl relativ gut leitender Flüssigkeiten, nämlich ausschließlich auf Lösungen von Säuren und Salzen in Wasser. Abgesehen davon, daß die hierdurch festgestellten Thatsachen noch viel zu wenig zahlreich sind, um theoretische Folgerungen daraus ziehen zu können, sind die untersuchten Flüssigkeiten von complicirter Zusammensetzung, da sie mindestens aus zwei chemischen Verbindungen bestehen. Man sollte daher glauben, daß es zweckmäßiger gewesen wäre mit den einfachsten Verbindungen, beispielsweise mit reinem Wasser, die Untersuchung zu beginnen. Wenn sich in der Folge noch die Gelegenheit finden wird auseinanderzusetzen, warum sich die Bestimmung der Leitungsfähigkeit des Wassers bisher nicht genügend hat ausführen lassen, so mag doch schon hier erwähnt werden, daß dieselbe eine sehr kleine ist, so daß die bisher angewandten Methoden zu keinen genügenden Resultaten geführt haben würden. Dasselbe gilt in noch höherem Maasse für andere Flüssigkeiten, wie z. B. für Alkohol und Aether, welche die Elektrizität noch schlechter leiten als Wasser. Es kam daher darauf an, eine neue Art der Bestimmung zu ermitteln, welche gerade für schlecht leitende Flüssigkeiten anwendbar wäre und somit als Ergänzung der bisher bekannten Methoden dienen könnte. Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren erfüllt, dessen Beschreibung sogleich folgen wird. Genügt dasselbe auch noch nicht allen Anforderungen, welche man an eine strenge, physikalische Methode stellen muß, so glaubt der Verfasser zu einer vorläufigen Mittheilung desselben berechtigt zu seyn, weil dasselbe schon jetzt geeignet erscheint, neue Aufschlüsse in einem noch wenig durchforschten Gebiete zu geben.

Verbindet man die Enden der Inductionsspirale eines gewöhnlichen Inductionsapparates leitend mit den Kugeln eines Funkenmikrometers, so läßt sich bei einer bestimmten Stärke des inducirenden Stromes eine Entfernung der Kugeln ermitteln, bei welcher eben noch ein continuirlicher Funkenstrom übergeht, während bei einer geringen Zunahme

der Entfernung kein Funken mehr überspringt. Führt man außerdem von dem einen Ende der Inductionsspirale zum andern eine Zweigleitung ohne Unterbrechungsstelle, so hat die inducirte Elektricität zwei verschiedene Wege zu ihrer Ausgleichung. Es hängt dann von dem Intensitätsverlauf des Inductionsstromes und von den Widerstandsgrößen der Zweigleitung ab, ob noch Funken zwischen den Kugeln überspringen. Besteht die Zweigleitung aus Metalldraht von nicht zu bedeutender Länge, so verschwindet der Funkenstrom und tritt auch bei der größtmöglichen Annäherung der Kugeln nicht wieder auf. Besteht sie dagegen aus schlecht leitenden Flüssigkeiten in engen Röhren, so bedarf es nur einer geringen Annäherung der Mikrometerkugeln, um den Funkenstrom wieder erscheinen zu lassen. Diese, leicht zu wiederholenden Versuche können, in geeigneter Weise angestellt, dazu dienen, die Leitungsfähigkeiten verschiedener Flüssigkeiten zu vergleichen.

Die Art und Weise, wie dabei verfahren werden muß, wird aus der folgenden Beschreibung ersichtlich werden. Für eine bestimmte, stets an einer Tangentenbussole controlirte Stärke des inducirenden Stromes wird die Funkenlänge des Inductionsstromes mit Hülfe des Funkenmikrometers ermittelt. Dann wird als Zweigleitung die zu untersuchende Flüssigkeit in einer langen und engen Glasröhre ebenfalls mit den Polen des Inductionsapparats in Verbindung gesetzt und von Neuem die nunmehr verminderte Funkenstrecke bestimmt. Als Funkenstrecke ist hier diejenige Entfernung der beiden Kugeln zu verstehen, bei welcher eben noch ein continuirlicher Funkenstrom übergeht, während eine geringe Vergrößerung den Funkenstrom sofort verschwinden macht. Verändert man dann die Länge der Flüssigkeitssäule, so wird auch die eben erwähnte Funkenstrecke eine andere. Auf diese Weise wird eine Beobachtungsreihe correspondirender Funkenlängen und Flüssigkeitsstrecken gewonnen. Eine andere Flüssigkeit liefert eine ähnliche Beobachtungsreihe. Um nun das Verhältniß der Leitungsfähigkeiten beider Flüssigkeiten zu be-

stimmen, werden beide Beobachtungsreihen graphisch dargestellt, indem die Längen der Flüssigkeiten als Abscissen, die zugehörigen Funkenstrecken als Ordinaten aufgezeichnet werden. Dann erhält man fortlaufende Curven, welche meist in ihrem Verlauf Aehnlichkeit mit Parabeln haben. Aus diesen Curven werden dann wieder die Längen derjenigen Flüssigkeitssäulen ermittelt, welche gleichen Funkenstrecken entsprechen. Nimmt man nun an, daß gleiche Funkenstrecken in dem oben erörterten Sinne gleiche Widerstände in der Zweigleitung anzeigen, so müssen bei gleichen Querschnitten die Längen der Flüssigkeitssäulen in demselben Verhältnisse stehen, wie die Leitungsfähigkeiten.

Diese Annahme, welche die Grundlage der ganzen Methode bildet und welche nicht ohne Weiteres klar ist, bedarf einer ausführlicheren Erörterung. Damit zwischen den Kugeln des Funkenmikrometers ein Funke überspringt, ist es nothwendig, daß auf denselben ein bestimmter Potentialunterschied vorhanden ist, welcher von der Menge der freien Elektricität auf denselben abhängt. Diese Menge wird bei vorhandener Zweigleitung in jedem Augenblick vermindert und das Maximum des Potentialunterschiedes, welches bei jedem Inductionsstrom auftritt, wird demnach auch einen geringeren Werth erhalten. Wie man sieht, kommt es nun darauf an, die durch die Zweigleitung abfließende Elektricitätsmenge zu berechnen. Dieselbe hängt von dem Verlauf des Inductionsstromes einerseits, andererseits von Länge, Querschnitt und Leitungsvermögen der Zweigleitung ab. Was den Verlauf des Inductionsstromes betrifft, so ist derselbe noch nicht genügend bekannt und überhaupt von manchen Nebenumständen abhängig. In erster Annäherung indefs wird man den Inductionsstrom ansehen können als herrührend von einer ungemein großen, constanten elektromotorischen Kraft, deren Wirkung von außerordentlich kurzer Dauer ist. Auf Grund dieser Vorstellung kann man einen Ausdruck für die durch die Zweigleitung fließende Elektricitätsmenge aufstellen. In derselben bewegt sich die Elektricität nach Art der geleiteten

Wärme ¹⁾. Nennt man nämlich V das Potential eines Punktes x der Zweigleitung zur Zeit t , a^2 eine der Leitungsfähigkeit in der Zweigleitung proportionale Gröfse, deren genauere Bedeutung hier nicht ausführlicher besprochen werden kann, so muß V der partiellen Differentialgleichung genügen:

$$\frac{\partial V}{\partial t} = a^2 \frac{\partial^2 V}{\partial x^2},$$

Zur Bestimmung von V kommen noch die Bedingungen hinzu:

$$V = 0, \quad \text{für } t = 0$$

$$V = +M, \quad \text{„ } x = 0$$

$$V = -M, \quad \text{„ } x = l,$$

wobei l die Länge der Flüssigkeitssäule bedeutet, $\pm M$ den Potentialen an den Inductionsspirale entsprechen. Hat man hiernach V berechnet, so ist die zur Zeit t durch einen Querschnitt q der Flüssigkeit von der Leitungsfähigkeit λ hindurchfließende Elektrizitätsmenge:

$$E = -\lambda q \cdot \frac{\partial V}{\partial x}.$$

Die Lösung der partiellen Differentialgleichung ist ²⁾:

$$V = M \left\{ \frac{l-2x}{l} - \frac{4}{\pi} \sum_1^{\infty} e^{-a^2 \left(\frac{2\pi n}{l} \right)^2 t} \cdot \frac{1}{2n} \cdot \sin \frac{2\pi n}{l} x \right\}.$$

Hieraus ergibt sich die durch den Querschnitt $x = 0$, oder $x = l$ abfließende Elektrizitätsmenge:

$$E = M \frac{\lambda q}{l} \left\{ 1 + 2 \sum_1^{\infty} e^{-a^2 \left(\frac{2\pi n}{l} \right)^2 t} \right\}.$$

Diese Gröfse ist in erster Annäherung umgekehrt proportional mit dem Widerstande der Zweigleitung, welcher $= \frac{l}{\lambda q}$ ist. Sind nun in zwei verschiedenen Fällen die durch Funkenstrecken beobachteten Potentialunterschiede dieselben, so darf man daraus schliessen, daß die abflie-

1) Kirchhoff, Pogg. Ann. Bd. 100 und 102.

2) Riemann, Partielle Differentialgleichungen S. 141.

fsenden Elektricitätsmengen ebenfalls dieselben sind, und daß also zunächst die Widerstände der Zweigleitungen einander gleich sind. Hierbei sind allerdings die in den Klammern stehenden Summen unberücksichtigt geblieben. Doch habe ich mich durch directe Versuche überzeugt, daß dieselben keinen erheblichen Einfluß auf das Resultat ausüben können.

Nach der soeben ausführlich besprochenen Methode wurde die Leitungsfähigkeit verschiedener Flüssigkeiten untersucht, und sollen jetzt einige der gefundenen Resultate mitgetheilt werden. Zum Verständniß der folgenden Zahlenwerthe muß noch bemerkt werden, daß zur Vermeidung sehr kleiner Brüche stets der umgekehrte Werth der Leitungsfähigkeit der „specifische Widerstand“ wird angegeben werden, ferner daß dieser „spec. Widerstand“ auf den Widerstand einer concentrirten, neutralen Lösung von Kupfervitriol als Einheit bezogen ist.

Wie schon anfangs hervorgehoben, schien es zunächst wünschenswerth, den specifischen Widerstand des reinen Wassers festzustellen. Es wurde deshalb zu verschiedenen Zeiten käufliches, destillirtes Wasser untersucht, dabei aber eine Reihe nicht unerheblich von einander abweichender Zahlenwerthe gefunden, welche bewiesen, daß die Leitungsfähigkeit des Wassers in höchst auffallender Weise durch die geringsten Verunreinigungen beeinflusst, resp. vergrößert wird. Besonders scheint bei längerer Berührung mit den Glaswänden eine kleine Menge des Glases in Lösung überzugehen. Von den erhaltenen Zahlenwerthen mag der Widerstand derjenigen Wassersorte ausgeführt werden, welche als Lösungsmittel für eine Reihe von Salzen gedient hat. Es fand sich für denselben die Zahl 390. Doch bemerke ich, daß bei andern Wassersorten Widerstände gefunden wurden, welche mehr als das 5fache betrug, so daß es vermuthlich durch wiederholte, vorsichtige Destillation und Reinigung gelingen würde, den spec. Widerstand des Wassers noch erheblich zu steigern. Als Beweis für die vorhin aufgestellte

Behauptung, daß kleine Beimischungen den Widerstand des Wassers auffallend verringern, mögen die folgenden Versuche dienen: Destillirtes Wasser mit $\frac{1}{30}$ Proc. Kochsalz ergab den Widerstand 54; dasselbe mit $\frac{1}{30}$ Proc. Salmiak den Widerstand 40. Die Leitungsfähigkeit war also im ersten Fall mehr als das Siebenfache, im zweiten sogar fast das Zehnfache geworden. Ein Gemisch der beiden Salzlösungen in gleichem Verhältniß zeigte den Widerstand 47, also das arithmetische Mittel der Widerstände der Bestandtheile.

Ferner schien es von Interesse, die spec. Widerstände anderer Flüssigkeiten kennen zu lernen. Zu dem Zweck wurden Alkohol, Aether und Schwefelkohlenstoff untersucht. Es ergaben sich die spec. Widerstände:

für Alkohol: 13,000,
für Aether: 40,000.

Noch viel schlechter leitete Schwefelkohlenstoff¹⁾. Nachdem die spec. Widerstände von Alkohol und Wasser ermittelt waren, entstand die Frage, in welcher Weise dieselben durch Zusatz derselben Menge desselben Salzes verkleinert werden würden. Einige der gefundenen Widerstände giebt folgende Tabelle:

Wasser: 390		Alkohol: 13,000
Wasser + $\frac{1}{10}$ Proc. Cd B ₂ : 52		Alkoh. + $\frac{1}{10}$ Proc. Cd B ₂ : 1090
„ + $\frac{1}{15}$ „ Cu Cl ₂ : 30		„ + $\frac{1}{15}$ „ Cu Cl ₂ : 243
„ + $\frac{1}{5}$ „ Cu Cl ₂ : 1		„ + $\frac{1}{5}$ „ Cu Cl ₂ : 25

Es scheint daraus hervorzugehen:

- 1) daß jedes Salz in einer Flüssigkeit gelöst, in einer quantitativ ihm eigenthümlichen Weise die Leitungsfähigkeit vermehrt,
- 2) daß das Lösungsmittel selbst noch von bedeutendem Einfluß auf die Leitungsfähigkeit der Lösung ist.

Weitergehende Folgerungen lassen sich aus den wenigen auf diesem Gebiete erforschten Thatsachen noch nicht

1) Vergl. hiermit die Zahlenwerthe Wiedemann, 1872, I, 334, deren Zuverlässigkeit W. mit Recht bezweifelt.

ziehen und es bedarf dazu noch ausführlicherer Untersuchungen. Für dieselben einen neuen Weg anzubahnen, war der Zweck der vorliegenden Arbeit.

VII. *Experimente über die Sichtbarkeit ultravioletter Strahlen;*

von L. Sauer,

Lehrer an d. Friedrich-Wilhelmsschule in Stettin.

Veranlassung zu den im Folgenden beschriebenen Experimenten gab eine Beobachtung, die ich bei Gelegenheit eines Vortrages über Spectralanalyse in der hiesigen Polytechnischen Gesellschaft machte. Als ich nämlich das Spectrum des Zinks objectiv darstellte, erschien in dem jenseit des Violetten liegenden dunklen Raume eine helle Linie, welche in sehr bemerkenswerther Weise von der gewöhnlichen Farbe des Violett sich unterschied; dabei aber so hell war, daß sie von der ganzen Versammlung gesehen wurde. Bei der Eile, mit der ich damals experimentirte, war es mir unmöglich etwas genaueres als das Auftreten einer Lichtlinie im ultravioletten Theile des Spectrums festzustellen, diese Wahrnehmung veranlaßte mich zunächst nachzusuchen, wo zuerst von Sichtbarkeit ultravioletten Lichtes Erwähnung gethan wird.

Dabei stellte sich heraus, daß nur die Sichtbarkeit der ultravioletten Strahlen im Spectrum des Sonnenlichtes beobachtet worden ist. Wenigstens sagt Helmholtz (Physiologische Optik S. 229), daß über die Sichtbarkeit der brechbarsten Theile des elektrischen Kohlenlichts noch keine Versuche angestellt worden sind, und in den mir zur Verfügung stehenden Zeitschriften, welche seit 1860 erschienen sind, habe ich ebenfalls nichts von derartigen