©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Elektrische und verwandte Erscheinungen in Metallen.

Von

Prof. Dr. Gustav Jäger.

Vortrag, gehalten den 13. November 1907.

(Mit Experimenten.)

Mit 6 Abbildungen im Texte.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Im vorliegenden werden zum Teile längst bekannte Tatsachen besprochen, jedoch unter dem Gesichtspunkte einer neuen Theorie, der sogenannten Elektronentheorie. Diese sucht die elektrischen Erscheinungen durch neuartige Vorstellungen zu erklären und hat ihre Bedeutung hauptsächlich dadurch gewonnen, daß sie zuerst einen klaren Einblick bot in jene Vorgänge, welche wir an den elektrischen Entladungen in luftverdünnten Räumen beobachten können. Sie veranlaßte ferner zu einer großen Anzahl neuer Experimente, die das Tatsachenmaterial der elektrischen Erscheinungen bedeutend vermehrt haben.

Die älteste wissenschaftliche Theorie stellt sich die Elektrizität als ein sehr feines Fluidum vor, welches mit Leichtigkeit die Körper durchströmt, besonders die sogenannten guten Leiter der Elektrizität. Wegen der entgegengesetzten Eigenschaften der Glas- und Harzelektrizität nahm man zwei elektrische Fluida an und nannte das eine positive, das andere negative Elektrizität. Es hat sich dann später gezeigt, daß man mit einem Fluidum die elektrischen Erscheinungen darstellen kann, nur hängt das dann von bestimmten Spannungsverhältnissen der Elektrizität ab, ob sie als positive oder negative Elektrizität in Erscheinung tritt. Durch Fara-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

day und Maxwell wurde eine Theorie begründet, welche von der Vorstellung eines Fluidums vollkommen absieht und das Wesen der elektrischen Erscheinungen nicht in die Leiter der Elektrizität, sondern in die umgebenden Nichtleiter verlegte. Es wurde dabei vorausgesetzt, daß gewisse Spannungszustände in den Nichtleitern die elektrischen Erscheinungen bedingen und daß die elektrischen Kräfte nicht fernwirkende Kräfte sind, sondern sich dadurch in den Nichtleitern und Leitern geltend machen, daß sie, ähnlich wie bei den Spannungszuständen eines elastischen Körpers, nur von Teilchen zu Teilchen der Körper wirken. Diese Theorie, welche in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts besonders nach den Aufsehen erregenden Hertzschen Versuchen in allen Einzelheiten ausgearbeitet wurde, gab wohl Aufschluß über fast alle elektrischen Erscheinungen, bedingte aber gewisse Schwierigkeiten, wo es sich um die Darstellung von Strahlungserscheinungen, wie die Kathodenstrahlen, Uranstrahlen und ähnliches handelte. H. A. Lorentz ist es gelungen, eine Theorie zu entwickeln, die ursprünglich hauptsächlich den Zweck verfolgte, die Dispersion des Lichtes und verwandte optische Erscheinungen zu erklären, die sich aber dann derart fruchtbar erwies, daß sie schließlich für das gesamte Gebiet der Elektrizität, des Magnetismus und der Optik ausgearbeitet wurde und heute sozusagen die Modewissenschaft in der Physik bildet.

Diese Theorie ist die oben genannte Elektronentheorie. Sie ist eine Art Vereinigung der älteren Theorie, welche zwei elektrische Fluida annahm, mit den Maxwell-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Faradayschen Anschauungen, indem sie die Elektrizität als eine Substanz annimmt, die aber ein elektro-magnetisches Feld im Faraday-Maxwellschen Sinne besitzt. Diese Substanz selbst wird dabei wieder aufgefaßt wie ein sehr leicht bewegliches Fluidum und, was das Wesentliche daran ist, ist die Vorstellung, daß sie ähnlich wie eine gewöhnliche Flüssigkeit nicht ins Unendliche teilbar ist, sondern aus kleinsten Teilchen analog den Atomen und Molekülen eines Körpers besteht. Diese nicht mehr teilbaren Elektrizitätsmengen führen den Namen Elektronen, und zwar unterscheiden wir sowohl positive als negative. Sämtlichen Elektronen schreibt man ein und dieselbe Elektrizitätsmenge zu. Während also die Moleküle der Körper die verschiedensten Massen besitzen können, reichen wir bei den Elektronen mit der Annahme einer ganz bestimmten Menge aus, doch haben wir infolge ihrer sonstigen verschiedenen Eigenschaften zwischen positiven und negativen Elektronen zu unterscheiden.

Es würde an dieser Stelle zu weit führen, wollten wir einen Überblick über die gesamte Elektronentheorie geben. Wir wollen uns deshalb auf einen ganz bestimmten Teil der elektrischen Erscheinungen beschränken, und zwar auf jenen, welchen wir an den Metallen beobachten können. Wir stellen uns dabei vor, daß jedes Metall von Elektronen erfüllt ist, und zwar, wenn es nach außen hin als unelektrisch erscheint, von ebensoviel positiven als negativen. Aus verschiedenen Beobachtungen hat man nun den Schluß ziehen können, daß, obwohl sie die-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

selbe Elektrizitätsmenge besitzen, die positiven von den negativen Elektronen sich sehr durch ihre Beweglichkeit unterscheiden, so daß man für viele Fälle ausreicht, die positiven Elektronen überhaupt als festliegend in den Metallen anzusehen, indem wir ja uns vorstellen können, daß sie fest mit den Atomen des Metalles verbunden sind. Die negativen Elektronen hingegen besitzen eine sehr große Beweglichkeit, können mit Leichtigkeit die Zwischenräume zwischen den Metallatomen durchfliegen und deshalb sehr leicht ein Metall durchströmen, wie etwa ein Gas durch eine poröse Wand. Überhaupt gleichen die Vorstellungen der Bewegung der negativen Elektronen in Metallen so sehr jenen der Gasmoleküle, daß es von Vorteil sein wird, uns die kinetische Gastheorie ins Gedächtnis zurückzurufen.

Nach dieser nehmen wir an, daß die Gasmoleküle voneinander völlig getrennt sind und mit großer Geschwindigkeit in dem Raume umherfliegen, der ihnen zur Verfügung steht, d. h. in dem Raume des Gefäßes, in dem sich das Gas befindet. Dieser heftigen Bewegung der Moleküle entspricht eine bestimmte Energie, welche das Gas besitzt. Diese Energie repräsentiert den Wärmeinhalt des Gases. Die Moleküle werden solange einen geradlinigen Weg verfolgen, als sie keinen Widerstand finden. Einen solchen bietet vor allem die Gefäßwand selbst. Die Moleküle werden also beständig auf die Gefäßwände aufprallen und von denselben gegen das Innere des Gases zurückgeworfen werden. Die Stöße erfolgen so zahlreich, daß man sie einzeln nicht wahrnehmen

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

kann, sondern nur deren Gesamtresultat, das ist den Druck des Gases auf die Gefäßwände. Dieser wird um so größer sein, je größer die Zahl der Moleküle im Gefäß ist und je heftiger deren Bewegung stattfindet. Wir werden demnach den Gasdruck erhöhen, wenn wir die Gasmenge in einem Gefäß vermehren, anderseits,

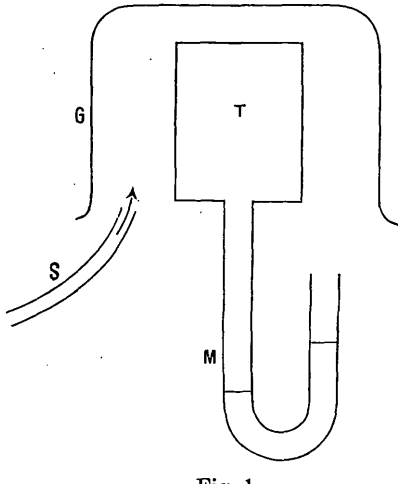

Fig. 1.

wenn wir die Temperatur des Gases erhöhen, indem wir dadurch ja den Wärmeinhalt, also auch die Energie, also auch die Geschwindigkeit der Moleküle vermehren. Die kinetische Gastheorie hat einen Weg gezeigt, die Geschwindigkeit der Moleküle zu berechnen, und dargelegt, daß dieselbe um so größer ist, je leichter das Gas

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

ist. Wenn wir demnach zwei Gase durch eine poröse Wand trennen, so wird das leichtere die poröse Wand schneller zu durchdringen imstande sein als das schwerere, was sich durch einen Versuch sehr leicht nachweisen läßt. Verbinden wir z. B. (Fig. 1) einen porösen Tonzylinder *T* mit einem Manometer *M* und stellen wir uns vor, der Zylinder sei mit Luft gefüllt, während außen und innen derselbe Luftdruck herrschen soll, so wird die Manometerflüssigkeit in beiden Schenkeln gleich hoch stehen. Stülpen wir nun über den porösen Tonzylinder einen Glaszylinder *G* und lassen durch einen Gasschlauch Leuchtgas unterhalb des Glaszylinders einströmen, so zeigt sich sofort, daß sich der Druck in dem Tonzylinder erhöht, was an dem Steigen der Manometerflüssigkeit am offenen Schenkel zu beobachten ist. Nehmen wir den Glaszylinder weg, so geht das Manometer wieder zurück. Die Erklärung dieser Erscheinung ist die, daß durch die Poren des Tonzylinders die beweglicheren Leuchtgasmoleküle schneller in den Zylinder hinein als die Luftmoleküle aus demselben herauskönnen, so daß ein Überdruck im Tonzylinder entstehen muß. Nehmen wir den Glaszylinder weg, so ist außerhalb wieder Luft, während innerhalb des Tonzylinders nun auch Leuchtgas vorhanden ist, welches nun wieder rascher herausgelangen kann als die Luft hinein, weshalb das Manometer wieder zurückgeht. Genau so wie sich die Gasmoleküle innerhalb eines porösen Körpers mit Leichtigkeit durch die Poren bewegen, ebenso durchströmen die negativen Elektronen mit großer Geschwindigkeit die Poren der Metalle.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Es ist schon seit längerer Zeit bekannt, daß auch gelöste Substanzen in der Lösung sich ebenso verhalten wie die Moleküle eines Gases. Auch sie sind imstande, einen Druck auszuüben, den man den osmotischen Druck nennt und der dieselben Eigenschaften wie der Gasdruck besitzt. Eine solche Lösung kann eigentlich noch mehr als ein Analogon gelten zu einem Metall, das mit Elektronen gefüllt ist. Während bei einer Lösung wir ebenfalls annehmen müssen, daß die Moleküle der gelösten Substanz sich in sehr heftiger Bewegung befinden, beobachten wir trotzdem, wie z. B. bei einer wässerigen Kochsalzlösung zu sehen ist, daß deren Moleküle die Lösung nicht verlassen. Wir müssen daraus schließen, daß es verhältnismäßig große Kräfte sind, mit welchen die Kochsalzmoleküle von den Wassermolekülen festgehalten werden, so daß sich die Kochsalzmoleküle zwar innerhalb des Wassers sehr leicht bewegen können, sobald sie aber die Oberfläche des Wassers verlassen wollen, einen sehr großen Widerstand finden, geradeso, als würden sie gegen eine feste Wand fliegen. Auch bei einem Metall können wir annehmen, die negativen Elektronen verhalten sich wie eine gelöste Substanz, sie befolgen dieselben Gesetze wie die Gasmoleküle, die trotz ihrer großen Geschwindigkeit sich aber nicht aus dem Metall entfernen können, weil sie beim Verlassen der Oberfläche zur Überwindung der sie zurückhaltenden Kräfte eine verhältnismäßig große Arbeit leisten müßten.

Bringen wir in die Nähe eines metallischen Körpers einen etwa positiv geladenen elektrischen Körper, so

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

wird derselbe die positiven Elektronen abstoßen, die negativen anziehen. Da die positiven aber an die Metallatome gebunden sind, so kann eine Bewegung derselben nicht eintreten, wohl aber der negativen Elektronen, so daß sie auf der dem elektrischen Körper zugekehrten Seite im Überfluß vorhanden sein werden, dort sonach eine negative Ladung erzeugen werden, während auf der abgewendeten Seite jetzt die positiven im Überschuß sind, dort somit eine positive Ladung auftritt. Das ist die bekannte Erzeugung von Elektrizität durch Verteilung.

Es gibt Flüssigkeiten, die sich nicht mischen, wie etwa Öl und Wasser, sondern, wenn wir sie gleichzeitig in ein Gefäß gießen, sich übereinanderschichten. Sind zwei solche Flüssigkeiten gleichzeitig Lösungsmittel für ein und dieselbe Substanz, so zeigt sich, daß, wenn auch die Flüssigkeiten in Berührung sind, die Konzentration der Lösung in den verschiedenen Flüssigkeiten nicht dieselbe, sondern je nach der Natur der Lösungsmittel in dem einen größer, in dem andern kleiner ist. Stellen wir demnach in solchen Flüssigkeitslösungen gleiche Konzentration her, so wird, wenn wir sie in Berührung bringen, die Gleichheit der Konzentration nicht bestehen bleiben, sondern es wird so lange die gelöste Substanz von der einen Flüssigkeit zur andern wandern, bis jenes Verhältnis der Konzentration hergestellt ist, welches der Natur der beiden sich berührenden Flüssigkeiten entspricht. Die Ursache davon haben wir uns darin zu denken, daß die Kräfte, welche von der einen Flüssig-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

keit auf die Moleküle der gelösten Substanz ausgeübt werden, von den Kräften der andern Flüssigkeit verschieden sind. Wenn demnach beide Flüssigkeiten einander berühren, so werden die Moleküle des Gelösten mehr nach der einen Richtung als nach der andern gezogen, woraus folgt, daß in der einen Flüssigkeit eine größere Konzentration als in der andern entsteht.

Ganz ähnlich müssen wir uns die Verhältnisse vorstellen, wenn wir zwei Metalle in Berührung bringen. Die Kraft, welche das eine Metall auf die Elektronen ausübt, wird im allgemeinen größer oder kleiner sein als

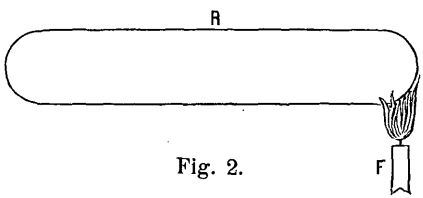

Fig. 2.

die des andern, so daß bei der Berührung zweier Metalle im allgemeinen ein Strömen der negativen Elektronen durch die Berührungsstelle stattfinden wird, jenes Metall, in welches die Elektronen einströmen, daher negativ, das andere positiv elektrisch erscheinen muß. Dies erklärt das Vorhandensein der sogenannten Kontaktelektrizität, welche tatsächlich schon Volta nachgewiesen hat, indem er blank geputzte Metallplatten, die an isolierten Griffen gehalten wurden, zur Berührung brachte und nach der Trennung zeigen konnte, daß die eine positiv, die andere negativ elektrisch war.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Stellen wir uns nun vor, wir hätten in einem beiderseits geschlossenen Rohre (Fig. 2) ein Gas. Das eine Ende des Rohres werde durch eine Flamme erwärmt; an diesem Ende werden die Gasmoleküle infolge der Temperaturerhöhung eine größere Geschwindigkeit erlangen, als sie am entgegengesetzten Ende besitzen, daher einen erhöhten Druck ausüben und somit das Gas gegen das andere Ende verschieben. Dasselbe findet, wie Soret beobachtet hat, statt, wenn das Rohr mit einer Lösung gefüllt ist. Stellen wir uns jetzt analog ein längliches Metallstück vor, dessen

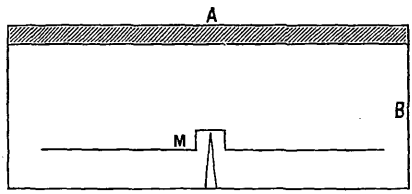

Fig. 3.

eines Ende wir erwärmen, so folgt, daß die negativen Elektronen von dem erwärmten Teile gegen das kalte gedrängt werden müssen, daß also ein Überschuß negativer Elektronen sich am kalten, ein Überschuß positiver am warmen Ende zeigen wird. Es wird auf diese Weise eine Zerlegung der Elektrizität entstehen, wie man sie ja tatsächlich zur Erklärung der sogenannten Thermoelektrizität angenommen hat. Schon Seebeck hat im Jahre 1823 folgenden Versuch gemacht: er vereinigte zwei Metalle (Fig. 3) *A* und *B* zu einem Rechteck, in-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

dem das eine Metall zweimal unter einem rechten Winkel abgebogen wurde und das andere Metall die vierte Seite des Rechtecks bildete. In dem Rechteck befand sich, auf einer Spitze leicht beweglich, eine Magnetnadel *M*. Stellen wir das Rechteck in den magnetischen Meridian, so kommt die Magnetnadel in die Ebene des Rechtecks zu liegen. Wenn wir nun eine Stelle des Rechtecks, wo die zwei Metalle zusammenstoßen, erwärmen, so zeigt sich ein Ausschlag der Magnetnadel, was darauf hindeutet, daß das Rechteck selbst von einem elektrischen Strome durchflossen wird, den man einen thermoelektrischen Strom nennt. Es fragt sich, wie kommt dieser Strom zustande?

Auch hier schafft uns ein Analogon aus der Wärmelehre volle Klarheit. Denken wir uns ein in sich selbst geschlossenes rechteckiges Gefäß (Fig. 4). Dasselbe sei bis zur halben Höhe der kürzeren Seite des Rechtecks mit einer Flüssigkeit gefüllt, darüber befinde sich gesättigter Dampf der Flüssigkeit. Herrscht in allen Punkten des Gefäßes dieselbe Temperatur, so wird sich Flüssigkeit und Dampf im Gleichgewicht befinden. Wenn wir aber durch eine Flamme *F* die eine Seite des Gefäßes erwärmen, so wird die Dampfspannung auf dieser Seite größer werden und es wird sich der Dampf gegen die andere Seite verschieben, wo er aber als übersättigter Dampf sich zum Teile verflüssigen wird. Halten wir nun beständig die eine Seite auf höherer, die andere auf tieferer Temperatur, so wird auch beständig ein Strömen des Dampfes von der wärmeren zur kälteren Seite er-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

folgen, während die Flüssigkeit von der kälteren Seite langsam zur wärmeren strömt. Übertragen wir diesen Vorgang direkt auf zwei Metalle, welche zu einem Ringe verbunden sind, so werden bei konstanter Temperatur sich ganz bestimmte Konzentrationen der Elektronen herstellen, welche an beiden Lötstellen der Metalle dieselben sind, ein Strömen der Elektronen durch die Metalle infolgedessen nicht eintreten kann. Erwärmen wir aber die eine Lötstelle, während wir die andere beständig auf tieferer

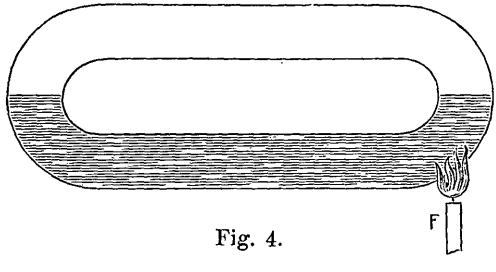

Fig. 4.

Temperatur halten, so werden die Kräfte, welche die Metalle auf die Elektronen ausüben, sich im allgemeinen ändern, es wird im allgemeinen das Konzentrationsverhältnis der Elektronen ein anderes, oder wie wir uns elektrisch ausdrücken, der Potentialunterschied ein anderer werden, was ein Strömen der Elektrizität vom höheren Potential zum tieferen zur Folge haben muß, so daß beständig in dem einen Metall negative Elektronen vom wärmeren zum kälteren Ende, in dem anderen in entgegengesetzter Richtung fließen, was einen elektrischen

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Strom bedingt, der imstande ist, eine Magnetnadel abzulenken.

Kehren wir noch einmal zu unserem ringförmigen Gefäß zurück und halten wir es jetzt überall auf konstanter Temperatur. Wir wissen, daß dann Dampf und Flüssigkeit im Gleichgewichte sind. Wir denken uns nun im oberen Teile des Rohres (Fig. 5) einen verschiebbaren Kolben *K* angebracht und wollen diesen Kolben in der Richtung des Pfeiles nach rechts verschieben. Dadurch werden wir den Dampf rechts zu-

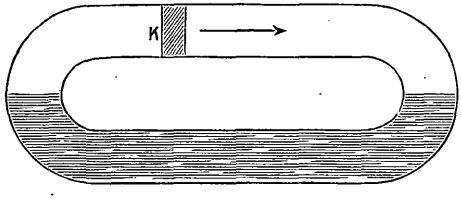

Fig. 5.

sammendrücken, links ausdehnen; rechts wird er daher übersättigt, links ungesättigt sein, er wird sich rechts teilweise verflüssigen, links wird ein Teil der Flüssigkeit verdampfen. Dort, wo sich der Dampf kondensiert, wird die latente Wärme frei, es muß sich also rechts die Flüssigkeit erwärmen, links abkühlen. Auf die Bewegung der Elektronen in Metallen übertragen, heißt das folgendes: Können wir die Elektronen durch irgendeine Kraft durch die Berührungsstelle zweier Metalle treiben, so muß diese Stelle entweder er-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

wärmt oder abgekühlt werden, je nachdem die Elektronen nach der einen oder der anderen Richtung die Berührungsstelle passieren. Das gelingt uns nun ohneweiters, wenn wir durch die Berührungsstelle zweier Metalle einfach einen elektrischen Strom schicken, den wir etwa einem galvanischen Element entnehmen. In der Tat ist es Peltier zuerst gelungen, diese Erwärmung, beziehungsweise Abkühlung der Berührungsstelle durch einen elektrischen Strom nachzuweisen, weshalb man diese Erscheinung auch den Peltiereffekt nennt.

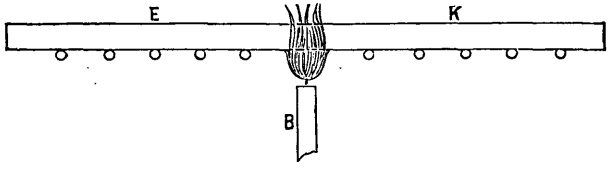

Fig. 6.

Sowie es gelungen ist, sämtliche optische Erscheinungen auf elektrische zurückzuführen, indem wir die Lichtschwingungen als elektrische Schwingungen, die Lichtwellen als elektrische Wellen auffassen können, so ist die Elektronentheorie auch imstande, gewisse Wärmeerscheinungen, von denen man vordem keine Ahnung hatte, daß sie elektrischer Natur sein könnten, als elektrische Erscheinungen zu erklären und deren Beziehung zu anderen elektrischen Vorgängen klarzulegen. Eine solche Erscheinung ist der Wärmeleitungsvorgang in den Metallen.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Es läßt sich durch einen einfachen Versuch zeigen, daß die Wärme in den Körpern und besonders gut in den Metallen weitergeleitet wird, aber von verschiedenen Metallen in verschiedenem Maße. Lassen wir z. B. (Fig. 6) eine Eisenstange *E* und eine Kupferstange *K* von gleichem Querschnitte aneinanderstoßen. In gleichen Abständen von der Berührungsstelle seien an beiden Stäben mit Wachs kleine Kugeln angeklebt. Erhitzen wir durch einen Bunsenbrenner *B* die Berührungsstelle, so zeigt sich, daß von der Mitte angefangen beiderseits die Kugeln im Laufe der Zeit abfallen, und zwar geht das beim Kupfer viel rascher als beim Eisen. Das Abfallen erfolgt dann, wenn die Temperatur des Metalles den Schmelzpunkt des Wachses erreicht hat. Messungen über das Wärmeleitungsvermögen und das elektrische Leitungsvermögen der Metalle haben nun ergeben, daß, je besser ein Metall die Wärme leitet, um so leichter es auch die Elektrizität passieren läßt, so daß das Verhältnis zwischen Wärmeleitungsfähigkeit und elektrischer Leitungsfähigkeit für sämtliche Metalle nahezu dasselbe ist. Würden wir annehmen, daß der Wärmetransport in den Körpern hauptsächlich durch die Bewegung der Moleküle vollführt wird, was bei Gasen und Flüssigkeiten zu einer Theorie der Wärmeleitung geführt hat, die in gutem Einklang mit der Erfahrung steht, so müssen wir auch bei festen Körpern erwarten können, daß Körper ähnlicher Konstitution auch ein ähnliches Wärmeleitungsvermögen besitzen. Dem ist aber durchaus nicht so, sondern jene Körper, welche Nichtleiter der Elektrizität

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

sind, zeigen ein Wärmeleitungsvermögen, welches jenem entspricht, das wir aus der kinetischen Theorie der Materie zu erwarten hätten. Hingegen die Metalle haben eine derart hohe Wärmeleitungsfähigkeit, daß bei ihnen die kinetische Theorie versagt. Sobald man aber zu der Einsicht gelangt war, daß die negativen Elektronen in den Metallen sich wie Gasmoleküle leicht bewegen können, mußte man auch zu der Vorstellung gelangen, daß diese Elektronen einen Anteil an der Leitung haben müssen. Wenn die Beobachtung nun zeigt, daß verschiedene Metalle Wärmeleitungsfähigkeiten besitzen, die mehr als das 100fache von jenen der Isolatoren der Elektrizität betragen, so nötigt uns dies sogar zu der Annahme, daß bei Metallen die Wärmeleitung fast ausschließlich von den Elektronen besorgt wird, so daß bei den gutleitenden Metallen, wie Silber, Kupfer etc., jener Anteil des Wärmeleitungsvermögens, der den Atomen zukommt, in erster Annäherung überhaupt nicht berücksichtigt zu werden braucht. Der Transport der Wärme von den wärmeren zu den kälteren Stellen wird in einem Metall also lediglich durch die hin- und herfliegenden Elektronen besorgt. An den wärmeren Stellen werden die Elektronen größere Geschwindigkeit erlangen, die sie an den kälteren Stellen wieder einbüßen, indem sie die Energie durch die Zusammenstöße, die sie mit den Metallatomen beständig machen, an diese übertragen. Die Geschwindigkeit, mit welcher die Beförderung der Wärme besorgt wird, wird daher wesentlich von der Zahl der Elektronen und von der Weglänge abhängen, welche sie ungestört zurück-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

legen können. Durch dieselben Größen wird aber auch der Elektrizitätstransport bedingt sein, so daß in jenen Metallen, in welchen die Wärme leichter fortgeleitet wird, auch die Elektrizität einen geringeren Widerstand findet.

Wirken auf ein Metall elektrische Kräfte, so müssen die Elektronen in Strömung geraten, was um so leichter geschehen wird, je leichter die Elektronen die Zwischenräume zwischen den Metallatomen passieren können. Durch die elektrischen Kräfte wird die Geschwindigkeit der Elektronen vermehrt; sobald aber die Elektronen auf die Metallatome stoßen, wird der Zuwachs an Energie an diese abgegeben werden, was eine Erhöhung der Energie der Metallatome bedingt und sich als eine Temperaturerhöhung des Metalles geltend macht. Darin haben wir die Ursache der Wärmeerzeugung des elektrischen Stromes in seinem Leiter zu suchen. Je größer demnach der Widerstand des Leiters ist, desto stärker wird er sich bei sonst gleicher Stromstärke erhitzen müssen. Das ist die Ursache, weshalb wir dünne Drähte durch den elektrischen Strom leicht bis zur Weißglut erhitzen können, was ja in den elektrischen Glühlampen direkt zur Lichterzeugung benützt wird. Je nach der verschiedenen Leitfähigkeit der Körper wird demnach auch ihre Temperaturerhöhung verschieden sein. Verbinden wir z. B. abwechselnd Eisen- und Kupferdrähte von genau demselben Querschnitt zu einem einzigen Leitungsdraht, so zeigt sich, daß bei durchfließendem elektrischen Strome die Eisendrähte zu glühen anfangen, während die Kupferdrähte dunkel sind. Das rührt, wie schon gesagt, daher, daß die Elektronen im

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Eisendraht viel mehr Widerstand finden, viel mehr Energie an die Eisenatome abgeben und diese auf eine viel höhere Temperatur bringen als die Kupferatome.

Die Erscheinungen, welche uns der elektrische Lichtbogen bietet, wie wir ihn in den elektrischen Bogenlampen beobachten können, ergeben sich nach der Elektronentheorie ohneweiters von selbst. In einem solchen Lichtbogen glüht die positive Kohle weitaus stärker als die negative. Das, was wir als das Bewegliche im elektrischen Strome hingestellt haben, sind die negativen Elektronen. Solange demnach ein Lichtbogen vorhanden ist, also ein Strom die Leitung durchfließt, müssen beständig negative Elektronen von der negativen Kohle zur positiven übergehen. Auf diesem Wege wirken auf die Elektronen beständig die elektrischen Kräfte, welche die Geschwindigkeit der Elektronen bedeutend erhöhen, so daß sie mit großer Geschwindigkeit auf die positive Kohle auftreffen und ihre Energie an die Kohlenteilchen abgeben, sie also auf eine sehr hohe Temperatur erhitzen. Daß diese starke Erhitzung nicht etwa durch das Verbrennen der Kohle, also durch eine Verbindung des Kohlenstoffes mit Sauerstoff vor sich geht, läßt sich sehr leicht dadurch nachweisen, daß man den Lichtbogen auch unter Flüssigkeiten, etwa unter Wasser erzeugen kann, wo also jeder Zutritt der Luft abgesperrt ist. Will man demnach Körper im Lichtbogen erhitzen, so muß man sie immer zum positiven Pol machen. So ist es z. B. ein leichtes, auf diese Weise selbst schwer schmelzbare Metalle zum Verbrennen zu bringen, was mitunter, wie

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

beim Verbrennen einer Stricknadel, zu prächtigen Feuererscheinungen führt.

Daß wir in der Elektronentheorie das wahre Wesen der Elektrizität aufgedeckt haben, kann natürlich mit apodiktischer Gewißheit nicht behauptet werden. Es geht eben der Elektronentheorie genau so wie jeder anderen Theorie, indem die Theorie ja immer auf einer Hypothese fußen muß, deren Wahrheit nicht direkt bewiesen werden kann, sondern die nur dazu dienen soll, die beobachteten Erscheinungen leichter zu verstehen. Anderseits soll sie den Weg angeben, den die Forschung weiterhin zu beschreiten hat, um eventuell neue Tatsachen zu entdecken. Diese beiden Anforderungen einer jeden Theorie hat die Elektronentheorie in hervorragendem Maße erfüllt, so daß sie mit Recht den vornehmen Platz einnimmt, den ihr die moderne Physik eingeräumt hat.

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: 1908

Band/Volume: 48

Autor(en)/Author(s): Jäger Gustav

Artikel/Article: Elektrische und verwandte Erscheinungen in Metallen. 53-73