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

Über
die elektrolytische Leitfähigkeit von Lösungen.

Von

Prof. G. Jäger.

Vortrag, gehalten den 3. Januar 1906.

(Mit Experimenten.)

Mit 2 Abbildungen im Texte.

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

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

Wir wollen uns im folgenden mit einem Gebiet der Elektrizitätslehre befassen, welches in weiteren Kreisen weniger bekannt ist, das aber sowohl für die Praxis, als auch für die Wissenschaft, besonders in neuerer Zeit, sehr wichtig geworden ist. Um jedoch den Gegenstand vollständig klar zu machen, ist es notwendig, etwas weiter auszuholen.

Es ist heute niemandem mehr unbekannt, in welcher Weise die Bewohner einer Stadt mit Elektrizität versorgt werden. Indem die Elektrizität in einer Zentrale erzeugt wird, gelangt sie sodann durch ein weiterverzweigtes Netz von Kupferdrähten in die einzelnen Wohnräume, wo sie dann teils zur Beleuchtung, teils zum Betriebe von Motoren und für andere Zwecke verwendet wird. Also in ganz ähnlicher Weise, wie man das Leuchtgas durch ein weitverzweigtes Netz von Röhren von einer Zentrale jedem Abnehmer zusendet, erhalten wir die Elektrizität geliefert. Ein großer Unterschied ist jedoch vorhanden. Während nämlich das Leuchtgas durch ein Rohr zugeleitet wird, aus welchem es, sobald es benützt werden soll, durch Öffnung eines Hahnes ausströmt, haben wir bei der Elektrizität nicht nur eine Zuleitung, sondern man benötigt auch eine Ableitung. Wie immer

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

wir nämlich die Elektrizität auch benützen, sei es zur Beleuchtung oder zu irgend einem anderen Zwecke, so geschieht das stets in der Weise, daß wir einen sogenannten elektrischen Strom herstellen. Dieser kann nur dann entstehen, wenn eine Leitung vorhanden ist, in welcher die Elektrizität sich fortpflanzen kann.

Wenn wir nun die beiden Enden der Elektrizitätsleitung, welche aus der Zentrale in unsere Wohnung eingeführt wird, näher untersuchen, so finden wir, daß dieselben verschieden elektrisch geladen sind. Man kann dies in einfachster Weise mit Hilfe eines sogenannten Elektroskops tun, dessen Wirkungsweise in folgendem beruht: Es ist eine bekannte Tatsache, daß wir durch Reiben eines Stückes Siegellack mit einem Wollfleck dem Siegellack die Eigenschaft erteilen können, daß es kleine, leichte Körper anzieht und dann wieder von sich stößt. Wenn wir nun eine leichte Kugel aus Kork oder Holundermark oder etwas Ähnlichem an einem Seidenfaden aufhängen und diesen Versuch machen, so wird gleicherweise diese Holundermarkkugel angezogen, aber nachdem sie einmal angezogen war, sofort wieder abgestoßen, und wenn wir das geriebene Siegellack ein zweitesmal nähern, so folgt keine Anziehung mehr, sondern direkt eine Abstoßung. Berühren wir jedoch die Holundermarkkugel mit der Hand, so können wir den ursprünglichen Versuch sofort wiederholen: sie wird vom Siegellack wieder angezogen und dann wieder abgestoßen.

Wir erklären diese Erscheinung folgendermaßen. Wir nehmen an, daß das Siegellack durch Reiben elek-

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

trisch wird und daß auf ihm eine gewisse Elektrizitätsmenge sitzt. Die Elektrizität hat nun die Eigenschaft, leichte Körper anzuziehen, sowie aber, wie in unserem Falle, die Holundermarkkugel das Siegellack berührt, geht ein Teil der Elektrizität auf die Holundermarkkugel über und wir sagen dann, die Kugel sei elektrisch geladen, d. h., sie besitzt jetzt ebenfalls eine gewisse Elektrizitätsmenge. Sobald dies der Fall ist, wird aber die Holundermarkkugel abgestoßen, oder richtiger gesagt, die Elektrizitätsmenge, welche auf der Kugel sitzt, wird von der Elektrizitätsmenge, die auf dem Siegellack sich befindet, abgestoßen. Die Elektrizitätsmenge auf der Holundermarkkugel bleibt aber nur deshalb auf dieser sitzen, weil sie an einem Seidenfaden aufgehängt ist. Es hat nämlich die Erfahrung gelehrt, daß die Seide die Elektrizität von einem anderen Körper nur sehr schwer aufnimmt; sie ist ein sogenannter Nichtleiter der Elektrizität. Andere Körper hingegen, wie wir z. B. am Holundermark gesehen, nehmen die Elektrizität sehr leicht auf, man nennt sie Leiter der Elektrizität. Und da hat es sich nun gezeigt, daß die besten Leiter der Elektrizität die Metalle sind und unter diesen für praktische Zwecke wieder das Kupfer. Auch der menschliche Körper leitet die Elektrizität, was zur Folge hat, daß durch das Berühren der Holundermarkkugel mit der Hand dieselbe die Elektrizität verliert und wieder unelektrisch wird.

Kehren wir wieder zu unserem Versuch zurück. Wie es uns gelungen ist, eine Siegellackstange durch Reiben elektrisch zu machen, können wir es auch mit

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

einem Glasstabe tun. Trotzdem ist ein großer Unterschied zwischen der Elektrizität, welche von der Siegellackstange ausgeht, und jener, die uns der Glasstab liefert. Wenn wir nämlich die Holundermarkkugel mit einer geriebenen Siegellackstange elektrisieren, so wird sie von dieser Stange abgestoßen; nähern wir aber jetzt dieser durch Siegellack geladenen Kugel einen geriebenen Glasstab, so wird die Kugel nicht abgestoßen, sondern kräftiger angezogen, als es der Glasstab mit einer unelektrischen Kugel tut. Desgleichen, wenn wir die Kugel zuerst mit Hilfe des Glasstabes elektrisieren, so wird sie vom geriebenen Glasstab abgestoßen, von der geriebenen Siegellackstange kräftig angezogen.

Neben Glas und Siegellack lassen sich noch eine große Reihe anderer Körper, besonders Harze, durch Reiben elektrisieren. Aber es zeigt sich immer, daß wir alle diese Körper in die zwei Typen einteilen können, mit welchen wir unsere Versuche gemacht haben, nämlich in den Glastypus und den Siegellacktypus. Man unterscheidet deshalb auch zweierlei Elektrizitäten, die Glaselektrizität und die Harzelektrizität. Da nun diese beiden Elektrizitäten auf einen elektrisch geladenen Körper entgegengesetzte Kraftwirkungen ausüben, so pflegt man ihnen auch die Namen positive und negative Elektrizität beizulegen, und wir erhalten das wichtige Gesetz, daß die positive Elektrizität die negative anzieht, die positive hingegen abstößt und gleicherweise die negative Elektrizität die positive anzieht, aber die negative abstößt. Diese

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

Erscheinung pflegt man gewöhnlich durch die Formel auszudrücken: gleichnamige Elektrizitäten stoßen einander ab, ungleichnamige ziehen einander an.

Wollen wir einen Körper elektrisieren, so müssen wir dafür sorgen, daß die Elektrizität, welche wir auf ihn bringen, nicht abgeleitet werde, d. h., er muß von einem Nichtleiter umgeben sein. Solche Nichtleiter sind nun gerade dieselben Körper, welche durch Reiben elektrisch werden, also Glas, Harz, Seide u. a. Wenn wir demnach einen Körper, z. B. eine Kugel aus Messing, elektrisieren wollen, so brauchen wir sie nur auf einen Glasstab aufzusiegeln oder an einem Ebonitstab zu befestigen, an einem Seidenfaden aufzuhängen usw. Das geht schon aus der unmittelbaren Anschauung hervor, daß man eine derartige Kugel mit mehr oder weniger Elektrizität erfüllen kann. Wir können uns das etwa ähnlich vorstellen, wie wenn wir ein Gas, z. B. die atmosphärische Luft, in ein Gefäß hineinfüllen, das ja auch mehr oder weniger davon enthalten kann, und es läßt sich zeigen, daß der Druck des Gases im Gefäß umso größer wird, je mehr Gas wir hineinpressen. Analog können wir uns die Elektrizität als einen sehr feinen Stoff vorstellen, den wir auf einem Leiter der Elektrizität, also z. B. auf unserer Messingkugel, anhäufen können. Man pflegt dann zu sagen, daß, je mehr Elektrizität wir auf die Kugel bringen, desto größer die Spannung der Elektrizität wird. Sowie nun durch fortgesetztes Komprimieren infolge des hohen Luftdruckes ein Gefäß schließlich explodieren kann, ebenso läßt sich die Elektrizität

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

nicht auf beliebige Spannung auf einem Körper bringen, sondern sie springt dann ebenfalls explosionsartig von diesem Körper auf die benachbarten über.

Haben wir nun in einem Gefäß ein Gas, z. B. Leuchtgas in einem Gasometer und wollen wir das Gas durch eine Rohrleitung an einen anderen Ort bringen, so ist das nur möglich, wenn der Druck des Gases im Gasometer größer ist als der Luftdruck, denn nur dann strömt das Gas, wenn wir die Leitung öffnen, aus der Leitung aus. Im umgekehrten Falle, wäre der Luftdruck größer als der Druck in der Gasleitung, würde das Gas nicht ausströmen, sondern die Luft in die Gasleitung eindringen. In gleicher Weise können wir die Elektrizität von einem geladenen Körper mit Hilfe eines Metalldrahtes, der, wie wir wissen, ein guter Leiter ist, nur dann auf einen anderen Körper überführen, wenn die Spannung der Elektrizität auf dem anderen Körper eine kleinere ist als die auf dem ersten. So oft wir also verschieden elektrisch geladene Körper untereinander durch Leiter verbinden, strömt die Elektrizität so lange durch die Leiter, bis überall dieselbe Spannung herrscht. Wollen wir demnach die Elektrizität, welche uns von einer Zentrale zugeleitet wird, benützen, was, wie wir wissen, dadurch geschieht, daß wir einen elektrischen Strom herstellen, so ist das nur auf die Art möglich, daß die Zuleitungsstelle sowohl als die Ableitungsstelle der Elektrizität von der Zentrale auf einer gewissen Spannung erhalten werden, und zwar so, daß die Zuleitungsstelle von höherer Spannung ist, als die Ableitungsstelle. Verbinden wir

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

dann die beiden Enden der Zu-, respektive Ableitung mit einem Leiter, so wird beständig durch diesen ein elektrischer Strom gehen. Ein solcher Leiter ist z. B. der Kohlenfaden in einer Glühlampe, welcher dadurch, daß wir den Strom hindurchgehen lassen, zur Weißglut erhitzt wird. Es kann nun die Ableitungsstelle direkt zur Erde geführt werden. Dann hat die Ableitungsstelle immer jene Spannung, welche die Erde selbst besitzt. Wie groß die Spannung der Erde ist, können wir nicht feststellen, denn alle Körper, welche mit der Erde in leitender Verbindung sind, nehmen dieselbe Spannung an wie die Erde und äußern infolgedessen keine Wirkung aufeinander, indem sich ja Körper gleicher Spannung durch Berührung nie Elektrizität mitteilen oder entziehen können. Das, was wir also beobachten können, ist nie die absolute Spannung, sondern nur ein Spannungsunterschied. Es ist daher für die Anschauung sowohl als für die Rechnung am einfachsten, der Erde die Spannung Null zu geben. Dadurch sind wir aber sofort genötigt, wie wir ja früher bereits getan haben, zweierlei Elektrizitäten anzunehmen, nämlich eine positive und eine negative. Der Unterschied zwischen der positiven und der negativen Elektrizität ist nun der, daß, wenn wir einen positiv geladenen Körper mit der Erde leitend verbinden, Elektrizität von diesem Körper zur Erde strömt; verbinden wir hingegen einen negativ geladenen Körper leitend mit der Erde, so strömt Elektrizität aus der Erde auf diesen Körper über. Die Sache liegt also so, daß wir annehmen müssen, daß die positiv geladenen Körper eine

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

höhere Spannung als die Erde haben, die negativ geladenen hingegen eine tiefere. Wir können das etwa mit einem Gefäß vergleichen, welches mit Luft gefüllt ist. Ist der Druck der Luft im Gefäß größer als der äußere Luftdruck, so wird, sobald wir das Gefäß öffnen, die Luft herausströmen, ist er hingegen niedriger, so wird von außen Luft einströmen. Würden wir demnach den Druck der äußeren Luft gleich Null setzen, so würden wir ebenfalls sagen, daß wir das einemal im Gefäß einen positiven, das anderemal einen negativen Druck besitzen.

Wenn wir nun sagen, gleichnamige Elektrizitäten stoßen einander ab, so geschieht das nur dann, wenn diese gleichnamig geladenen Körper von einem Raume umgeben sind, welcher entweder die Spannung null oder irgend eine andere Spannung als dieser Körper besitzt. Denken wir z. B. an unseren Versuch mit der Siegellackstange und der Holundermarkkugel, so haben für diese Fälle ja alle umgebenden Körper die Spannung der Erde, welche wir gleich Null gesetzt haben. Nur in diesem Falle beobachten wir tatsächlich eine Abstoßung der gleichnamigen Elektrizitäten. Würden wir hingegen zwei Holundermarkkugeln, die an Seidenfäden aufgehängt sind und die einander berühren, gleichnamig laden, dieselben jedoch mit einem Metallgefäß umgeben, welches wir ebenfalls laden, und zwar auf dieselbe Spannung wie die Holundermarkkugeln, so wird die Abstoßungskraft, welche zwischen den Holundermarkkugeln vorhanden ist, sofort verschwinden. Die Ursache davon liegt darin, daß immer nur dort elektrische Kräfte auftreten, wo Span-

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

nungsunterschiede der Elektrizität vorhanden sind. Es wird dann die Elektrizität immer von Punkten höherer Spannung zu Punkten tieferer getrieben. Die Kraft, mit welcher die Elektrizität, die einen Leiter durchströmt, wirkt, ist umso größer, je größer der Spannungsunterschied an den beiden Enden des Leiters ist. Man pflegt diesen Spannungsunterschied mit dem Namen elektromotorische Kraft zu belegen. Diese elektromotorische Kraft kann also als eine bestimmte Größe angesehen werden. Man kann infolgedessen eine Maßeinheit für sie aufstellen, und zwar hat man die praktische Maßeinheit für die elektromotorische Kraft nach dem berühmten italienischen Physiker Volta Volt genannt. Wir können demnach die elektromotorische Kraft durch eine bestimmte Anzahl von Volt angeben. Wir sprechen von elektromotorischen Kräften von 100 000 Volt usw. In der Praxis versteht man darunter den Spannungsunterschied zwischen dem Zuleitungs- und dem Ableitungsdraht des Stromes, der aus der Zentrale in unsere Wohnung geführt wird. Die Instrumente, mit deren Hilfe wir die elektromotorische Kraft messen können, nennt man Voltmeter.

Verbinden wir die beiden Enden des Straßenstromes — so wollen wir jetzt immer Zu- und Ableitung von der Zentrale bezeichnen — mit einem langen dünnen Draht, so wird dieser Draht beständig von einem Strome durchflossen werden, und zwar wird in jeder Sekunde eine ganz bestimmte Elektrizitätsmenge den Draht durchströmen. Diese Größe nennt man die Stärke des Stro-

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

mes. Die praktische Maßeinheit für die Stromstärke nennt man ein Ampère, nach dem französischen Physiker gleichen Namens. Die Instrumente, welche dazu dienen, die Stromstärke zu messen, bezeichnet man mit dem Namen Ampèremeter.

Wenn wir nun mit Hilfe des Ampèremeters den Strom messen, welcher durch einen Draht bei gegebener elektromotorischer Kraft fließt, und wir verdoppeln die Länge dieses Drahtes, so zeigt sich, daß die Stromstärke auf die Hälfte sinkt, verdreifachen wir die Länge, so wird die Stromstärke ein Drittel. Ja es zeigt sich im allgemeinen, einen je längeren Weg die Elektrizität durch Körper gleicher Art machen muß, desto kleiner wird die Stromstärke. Die Ursache dieser Erscheinung schreibt man dem Widerstande der Körper zu, welchen sie dem Durchgange der Elektrizität entgegensetzen. Wenn demnach durch einen Körper ein Strom von bestimmter Stärke fließt und wir schalten jetzt einen Leiter an die Enden des Straßenstromes und es zeigt sich, daß durch diesen Körper ein halb so starker Strom geht wie durch den früheren Körper, so sagen wir, sein Widerstand ist der doppelte von jenem. Also auch den Widerstand können wir als eine Größe darstellen. Die praktische Maßeinheit für den Widerstand führt den Namen Ohm, nach dem deutschen Physiker gleichen Namens.

Die Stromstärke wird also durch zwei wichtige Größen bestimmt, nämlich durch die elektromotorische Kraft und durch den Widerstand des Stromleiters. Je größer die elektromotorische Kraft wird, desto stärker

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

wird der Strom. Je größer der Widerstand wird, desto schwächer wird der Strom. Die Maßeinheiten Ampère, Volt, Ohm sind nun so gewählt, daß die Gleichung gilt: Die Stromstärke ist gleich der elektromotorischen Kraft, dividiert durch den Widerstand, oder wenn wir die Stromstärke, auch Stromintensität genannt, mit i bezeichnen, die elektromotorische Kraft mit e, den Widerstand mit w, so gilt die Gleichung

$$i = \frac{e}{w}$$

Dies ist das berühmte Ohmsche Gesetz, mit dessen Hilfe man alle Stromverteilungen, die in weitverzweigten Leitungsnetzen auftreten, berechnen kann.

Stellen wir nun aus verschiedenen Metallen Drähte her von gleicher Länge und gleichem Querschnitt, so zeigt sich im allgemeinen, daß deren Widerstände verschieden sind, d. h., der Widerstand ist auch abhängig von dem Material des Leiters. Da zeigt es sich nun, daß z. B. durch den Kupferdraht unter sonst gleichen Umständen ein bedeutend stärkerer Strom fließt als durch einen Eisendraht. Wir sagen, der spezifische Widerstand des Kupferdrahtes ist bedeutend kleiner als der des Eisendrahtes, oder die elektrische Leitfähigkeit des Kupfers ist größer als die des Eisens.

Die Leitfähigkeit definiert man nun folgendermaßen: hat unter sonst gleichen Umständen ein Draht aus einem bestimmten Metall den doppelten Widerstand eines anderen Metalldrahtes, so sagt man, die Leitfähigeit des ersten

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

ist halb so groß wie jene des letztern. Wäre der Widerstand die Hälfte, so wäre die Leitfähigkeit die doppelt so große. Ist der Widerstand nur $^1/_{10}$, so ist die Leitfähigkeit die 10fache; oder mathematisch ausgedrückt, die Leitfähigkeit ist nichts anderes als der reziproke Wert des Widerstandes.

In gleicher Weise wie bei festen Körpern läßt sich auch die elektrische Leitfähigkeit von Flüssigkeiten bestimmen. Um jedoch eine Flüssigkeit von bestimmter Begrenzung herzustellen, ist es natürlich nötig, sie etwa in ein Glasrohr zu füllen, so daß sich die Flüssigkeit in ähnlicher Weise in eine Leitung einschalten läßt wie ein Metalldraht. Da zeigt es sich nun, daß reine Flüssigkeiten einen sehr großen Widerstand besitzen, oder, was dasselbe besagt, daß die Leitfähigkeit reiner Flüssigkeiten sehr klein ist. Machen wir z. B. folgenden Versuch: Wir bringen in einen länglichen Glastrog (Fig. 1)

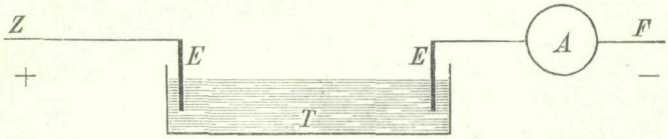

Fig. 1.

reines destilliertes Wasser. An den beiden Enden des Troges ragen Metallbleche in das Wasser und von diesen Metallblechen führt ein Draht zur Zuleitung des Stromes *Z*, bezüglich zu einem Ampèremeter *A* und durch dieses weiter zur Fortleitungsstelle des Stromes *F*. In diesem Falle zeigt sich nun, daß das Ampèremeter gar

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

keinen Strom anzeigt. Dasselbe würde geschehen, wenn der Trog anstatt mit Wasser, mit einer anderen reinen Flüssigkeit gefüllt wäre. Streuen wir nun in das Wasser Kochsalz hinein, so zeigt das Ampèremeter sofort einen Strom an, der umso stärker wird, je mehr Salz sich im Wasser löst. Soll demnach eine nichtmetallische Flüssigkeit den elektrischen Strom leiten, so muß sie eine Lösung sein.

Sobald aber ein Strom durch die Lösung geht, so bemerkt man, daß an den Metallblechen *EE*, an den sogenannten Elektroden, welche die Zuleitung, bezüglich Ableitung des Stromes bewirken, chemische Veränderungen vorgehen. Wir erkennen, daß beim Durchgange eines elektrischen Stromes durch eine Lösung gleichzeitig immer eine chemische Zersetzung in der Lösung auftritt.

Bringen wir etwas Schwefelsäure in Wasser und leiten wir durch diese Lösung mittels Platinelektroden einen Strom, so scheidet sich an der Eintrittsstelle des Stromes Sauerstoff, an dem zweiten Platinbleche, also der Austrittsstelle des Stromes, Wasserstoff ab. Wenn wir die Menge des abgeschiedenen Sauerstoffes und Wasserstoffes messen, so finden wir, daß sie im selben Verhältnis vorhanden sind, in welchem sie sich zu Wasser vereinigen, so daß der Schluß erlaubt ist, daß durch den elektrischen Strom das Wasser der Schwefelsäurelösung in seine Bestandteile zerlegt wird. Fangen wir beide Gase in ein und demselben Gefäße auf, so gewinnen wir bekanntlich Knallgas. Füllen wir damit z. B. eine Seifenblase und

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

entzünden dieselbe, so entsteht ein heftiger Knall; gleichzeitig vereinigt sich aber Wasserstoff und Sauerstoff wieder zu Wasserdampf. Machen wir die Elektroden anstatt aus Platin aus Kupferblech, so zeigt es sich, daß nur der Wasserstoff an der Austrittsstelle aufsteigt, der Sauerstoff hingegen verbindet sich direkt mit dem Kupferblech zu Kupferoxyd und bewirkt so einen schwarzen Überzug des Kupfers. Bringen wir in unseren Trog eine Lösung von schwefelsaurem Kupfer, dem sogenannten Kupfervitriol, und leiten wir den Strom mittels Kupferelektroden hindurch, so zerlegt sich das Kupfervitriol in Kupfer und Schwefelsäure, das Kupfer scheidet sich an der Austrittsstelle des Stromes aus, die Schwefelsäure hingegen wandert zur Eintrittsstelle und löst die Kupferelektrode allmählich auf, d. h. bildet von neuem Kupfervitriol. Während also die Austrittsstelle einen dicken Kupferüberzug erhält, wird die Eintrittsstelle allmählich aufgelöst.

Der Chemiker unterscheidet zwei wichtige Klassen von Stoffen: die Säuren und die Basen. Die Säuren haben die Eigenschaft, daß sie eine blaue Lösung von Lackmusextrakt rot färben, die Basen hingegen färben derartig rote Lösungen wieder blau. Wenn wir nun in unseren Trog eine Lösung von schwefelsaurem Natron, dem sogenannten Glaubersalz, geben und einen Strom mittels Platinelektroden hindurchleiten, so wird das Glaubersalz zerlegt, das Natrium scheidet sich an der Austrittsstelle des Stromes aus, bildet aber sofort mit dem Wasser daselbst Natronlauge, welche eine starke Base ist; an der Eintrittsstelle hingegen scheidet sich Schwefelsäure aus.

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

Färben wir nun unsere Lösung mit Lackmustinktur blau und leiten jetzt den Strom durch, so wird sich die Eintrittsstelle rot färben, die Austrittsstelle hingegen blau bleiben, indem ja an der Eintrittsstelle eine Säure, an der Austrittsstelle eine Base entsteht. Leiten wir nun den Strom in entgegengesetzter Weise durch die Lösung, so wird dort, wo früher die Säure entstanden ist, jetzt die Base entstehen, d. h. es wird die rote Flüssigkeit wieder blau gefärbt werden, hingegen an der anderen Platinelektrode wird sich jetzt die Lösung rot färben, was wir als ein umso hübscheres Farbenbild darstellen können, wenn wir den Glastrog mit Hilfe elektrischen Lichtes auf eine weiße Wand projizieren.

Eine ebenfalls sehr schöne Erscheinung, die sich projizieren läßt, ist der sogenannte Zinnbaum, den wir erhalten, wenn wir mit Hilfe von Platinelektroden einen Strom durch eine Lösung von Zinnchlorür leiten. Das Zinnchlorür wird in seine Bestandteile, in Zinn und Chlor, zerlegt, und zwar setzt sich das Zinn wie alle Metalle wieder an der Austrittsstelle des Stromes an, während das Chlor an der Eintrittsstelle aufsteigt. Das ausgeschiedene Zinn bildet nun wunderschöne Formen in Gestalt von Ästen und Zweigen eines Baumes, den man direkt wachsen sehen kann. Lassen wir den Strom in umgekehrter Richtung durch die Lösung gehen, so entsteht der Baum an der anderen Elektrode, während der bereits vorhandene wieder verschwindet.

Alle diese Vorgänge erklärt man sich nun folgenderart: Man nimmt an, daß sich alle Salze, als z. B. Ku-

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

pfervitriol, Glaubersalz, Zinnchlorür usw., desgleichen alle Säuren wie z. B. Schwefelsäure, Salzsäure usf., sobald wir sie im Wasser lösen, erstens vollkommen in ihre kleinsten physikalischen Bestandteile, die sogenannten Moleküle, zerlegen, zweitens, daß ein Teil dieser Moleküle sich wiederum zerlegt in jene zwei Bestandteile, welche an den Elektroden auftreten, sobald ein Strom die Lösung durchfließt. Eine jede solche Substanz, welche sich in Wasser löst und durch den elektrischen Strom zersetzt wird, nennt man einen Elektrolyten, während der Vorgang der elektrischen Zersetzung Elektrolyse heißt. Die Annahme nun, daß mit Lösung des Elektrolyten derselbe zum Teil in seine chemischen Bestandteile zerfällt, nennt man elektrolytische Dissoziation. Zerlegt sich nun eine Molekel, wie z. B. eine Kochsalzmolekel, welche aus einem Chlor- und einem Natriumatom besteht, bei der Auflösung in ihre Atome, so nimmt man gleichzeitig an, daß das eine Atom, in unserem Falle das Natriumatom, positiv elektrisch geladen ist, das andere negativ. Diese beiden Ladungen sind gleich groß, können daher, wenn sie vereinigt sind, nach außen keine Wirkung ausüben. Genau so wie bei dem einfachen Fall der Kochsalzlösung haben wir bei jeder Lösung anzunehmen, daß ein Teil der gelösten Substanz in einen elektropositiven und einen elektronegativen Bestandteil zerfällt, und zwar immer in der Art, daß gleichviel positive und negative Elektrizität vorhanden ist. Leiten wir nun durch die Lösung einen elektrischen Strom, so wird die Zuleitungsstelle eine höhere Spannung besitzen als

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

die Ableitungsstelle, es wird die Zuleitungsstelle gegenüber der Ableitungsstelle positiv elektrisch erscheinen, d. h. es wirken zwischen der Zu- und Ableitungsstelle elektrische Kräfte in der Art, daß die positiv geladenen Körper in der Richtung des Stromes, d. h. von der Zuleitungs- zur Ableitungsstelle getrieben werden, negativ geladene Körper aber in entgegengesetzter Richtung wandern müssen. In unserer Lösung haben wir aber solche positiv und negativ geladene Teilchen, in einer Kochsalzlösung sind es die freien Natrium- und Chlorteilchen. Es muß demnach das positive Natrium zur Austrittsstelle des Stromes wandern, das negative Chlor zur Eintrittsstelle. Die Eintrittsstelle ist aber positiv geladen; es wird sich daher ein Teil dieser positiven Ladung mit der negativen Ladung des Chlors vereinigen können, d. h. dadurch, daß das Chlor zur Eintrittsstelle wandert, geht gleichzeitig positive Elektrizität in die Lösung über. In gleicher Weise gibt das Natrium an der Austrittsstelle dieselbe Menge positiver Elektrizität ab, welche dann in der Leitung weiterfließt. Wir haben also dadurch tatsächlich einen beständigen Transport der Elektrizität von der Eintrittsstelle zur Austrittsstelle des Stromes, oder es geht die Elektrizität durch die Lösung genau so hindurch wie durch irgend einen anderen Leiter. Nur muß bei dieser Art von Stromleitung gleichzeitig immer ein Massentransport erfolgen, da die Elektrizität selbst in der Lösung an die Massenteilchen fix gebunden ist. Gleichzeitig wird aber die Lösung nicht nur massenärmer, d. h. verdünnter, sondern

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

auch elektrizitätsärmer. Je weniger Chlor- und Natriumteilchen in der Lösung vorhanden sind, desto geringer wird daher der Elektrizitätstransport ausfallen, d. h. umso kleiner ist die Leitfähigkeit der Lösung. Lassen wir beständig einen Strom durch die Lösung gehen, so wird die gelöste Substanz schließlich vollständig zersetzt und es hört dann überhaupt jede Stromleitung auf. Wir bekommen dann den Fall einer reinen Flüssigkeit, die, wie wir schon früher erwähnt, ein Nichtleiter der Elektrizität ist.

Die Geschwindigkeit, mit welcher die elektrisch geladenen Teilchen in der Lösung wandern, wird natürlich umso größer sein, je größer die Kraft ist, die auf sie wirkt, d. h. sie wird wachsen mit der elektromotorischen Kraft. Es gilt also auch hier das Ohmsche Gesetz. daß die Stromstärke proportional der elektromotorischen Kraft ist. Diese genannte Geschwindigkeit ist aber weiter abhängig von der Zähigkeit der Lösung, denn je zäher die Flüssigkeit ist, umso schwieriger ist es ja für die wandernden Teilchen, sich ihren Weg zu bahnen, umso langsamer werden die Teilchen vorwärts können, umso kleiner wird demnach die Leitfähigkeit der Lösung sein. In erster Linie bedingt ist natürlich die Leitfähigkeit durch die Konzentration der Lösung, d. h. durch die Menge der gelösten Substanz, welche in einem Liter Lösung vorhanden ist. Besonders einfach wird diese Abhängigkeit der Leitfähigkeit von der Konzentration bei verdünnten Lösungen. Es zeigt sich da in den meisten Fällen, daß die Leitfähigkeit der Konzentration der Lösung proportional ist.

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

Eine Vorstellung von der Größe der Zähigkeit irgend einer Lösung können wir uns machen, wenn wir eine bestimmte Menge durch ein langes dünnes Rohr fließen lassen, welches, wie Fig. 2 zeigt, oben einen Trichter trägt, der die Flüssigkeit aufnimmt. Je zäher die Flüssigkeit ist, desto größer wird die Zeit sein, welche eine bestimmte Flüssigkeitsmenge zum Durchfluß braucht. Nehmen wir z. B. reines Wasser und bringen es auf verschiedene Temperaturen, so finden wir, daß das Wasser zäher ist, je kälter es ist. Ja, erhitzen wir das Wasser von der gewöhnlichen Zimmertemperatur bis zum Siedepunkt, so sinkt die Durchflußzeit auf weniger als auf die Hälfte herab, d. h. das heiße Wasser ist nicht halb so zäh als das kalte. Die Zähigkeit verdünnter Lösungen ist von der des Wassers sehr wenig verschieden. Es werden somit die wandernden Teilchen einer Lösung umso leichter sich fortbewegen, je wärmer die Lösung ist. In der Tat findet man, daß die Leitfähigkeit verdünnter Lösungen mit der Wärme zunimmt, und zwar für alle Lösungen in genau derselben Weise, d. h. es kann diese Zunahme nicht abhängig sein von der gelösten Substanz, sondern nur vom Wasser, welches für alle Lösungen

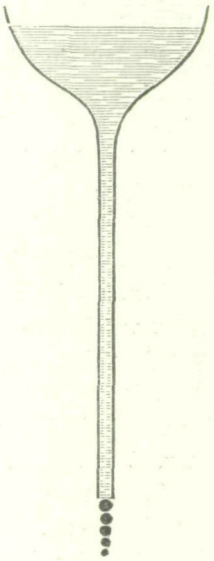

Fig. 2.

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

dieselben Eigenschaften besitzen muß. Es zeigt sich dementsprechend auch, daß die Leitfähigkeit mit der Temperatur in genau derselben Weise zunimmt, wie die Zähigkeit des Wassers abnimmt.

Der Physiker ist nun in der Lage, die Geschwindigkeit zu berechnen, mit welcher sich eine Kugel unter dem Einfluß einer bestimmten Kraft, z. B. der Schwerkraft, bewegen muß, wenn ihm die Flüssigkeit und die Größe der Kugel bekannt ist; umgekehrt, kennt man die Geschwindigkeit der Kugel und die Zähigkeit der Flüssigkeit, so können wir daraus berechnen, wie groß der Durchmesser der Kugel sein muß. Fassen wir nun die kleinsten Teilchen, welche in einer Lösung bei der Elektrolyse wandern, als kleine Kugeln auf, so kennen wir 1. die Kraft, welche die Kugeln in Bewegung setzt — es ist dies die elektromotorische Kraft — 2. sind wir in der Lage, deren Geschwindigkeit zu berechnen, nämlich aus der Geschwindigkeit der Zersetzung der gelösten Substanz. Wir müssen somit auch in der Lage sein, den Durchmesser dieser kleinen Kugeln zu bestimmen. Das, was wir also auf diese Art finden, ist nichts anderes als die Größe der Atome und Molekeln. Wir sind somit durch die Kenntnis der elektrischen Leitfähigkeit der Lösung in die Lage versetzt, direkt Aufschluß zu geben über die Größe der kleinsten Teilchen. Derartige Rechnungen ergeben nun vollständig übereinstimmende Resultate mit anderen Methoden, welche ebenfalls die Größe der Molekeln zu bestimmen erlauben. Diese Größen sind nun, wie sich voraus ahnen läßt, unter jeder Vorstellung

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

klein. Wir erhalten z. B. für den Durchmesser einer Wassermolekel die Hälfte von einem Millionstel *mm*, d. h. könnten wir die Wassermolekeln nebeneinanderlegen, so würden 2 Millionen erst die Länge von 1 *mm* ausmachen. Im flüssigen Zustande können wir nun annehmen, daß die Wassermoleküle tatsächlich sehr nahe aneinander liegen; wir können daher auch berechnen, wie viele Molekeln in einem Wassertropfen von bestimmter Größe sein müssen. Nehmen wir z. B. an, wir hätten einen mm^3 Wasser, das wäre also ein Wassertröpfchen, nicht größer als die Kuppe einer Stecknadel; wir können diese Wassermenge in einem Würfel unterbringen, der 1 *mm* lang, 1 *mm* breit und 1 *mm* hoch ist. Auf die Länge einer Kante dieses Würfels gehen nun 2 Millionen Molekeln. Auf eine Seitenfläche des Würfels können wir daher 2 Millionen mal 2 Millionen Molekeln, das sind 4 Billionen unterbringen. Multiplizieren wir diese Zahl noch einmal mit 2 Millionen, so erhalten wir die gesamte Zahl der Molekeln in 1 mm^3 Wasser, das wären demnach 8 Trillionen. Auch von dieser Größe können wir uns keine Vorstellung machen, weil wir keine Vergleichszahlen dazu haben. Wir wollen deshalb einen anderen Weg einschlagen, um von dieser ungeheuern Zahl eine Andeutung zu geben. Wir nehmen an, wir könnten sämtliche 8 Trillionen Molekeln nebeneinander legen, würden also so eine Perlenschnur erhalten, deren Länge wir bestimmen wollen. Da auf 1 *mm* 2 Millionen Molekeln gehen, so erhalten wir die Länge dieser Perlenschnur ausgedrückt in Millimetern wenn wir 8 Trillionen durch

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

2 Millionen dividieren: das gibt 4 Billionen *mm*. Dividieren wir diese Zahl durch 1 Million, so erhalten wir die Länge unserer Schnur ausgedrückt in Kilometern da ja 1 *km* 1 Million *mm* besitzt; das gibt also 4 Millionen *km*. Wenn wir nun bedenken, daß der Erdumfang 40.000 *km* beträgt, und wir dividieren unsere Zahl durch 40.000, so bekommen wir die Länge unserer Perlenschnur ausgedrückt in Erdumfängen. Es geht aber 40.000 in 4,000.000 gerade hundertmal, d. h., würden wir sämtliche Molekeln, welche 1 mm^3 Wasser enthält, nebeneinander legen, so bekämen wir einen Wasserfaden, der hundertmal um die Erde herumgeht. Daraus erkennen wir wohl aufs deutlichste, wie unter jeder Vorstellung klein wir die Größe der Molekeln annehmen müssen. Andererseits haben wir aber sichere wissenschaftliche Resultate vor uns und es ist gewiß kein kleiner Triumph der Wissenschaft, daß sie derartige Resultate hat zeitigen können.

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: 1906

Band/Volume: 46

Autor(en)/Author(s): Jäger Gustav

Artikel/Article: Über die elektrolytische Leitfähigkeit von Lösungen. 147-170