

Wege zur Elektrizität [Fortsetzung]

Autor(en): **Nussbaum, E.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Technische Beilage zur Schweizerischen Post-, Zoll- & Telegraphen-Zeitung = Supplément technique du Journal suisse des postes, télégraphes et douanes**

Band (Jahr): **3 (1920)**

Heft 9

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-873045>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Technische Beilage

zur

Schweiz. Post-, Zoll- & Telegraphen-Zeitung

Supplément technique du Journal suisse des Postes, Télégraphes et Douanes

Erscheint alle 2 Monate. — Jahresabonnement Fr. 3.— (durch die Post Fr. 3.20). — Red. Beiträge u. Korr. sind zu adressieren an Herrn E. NUSSBAUM, Schützenweg 17, Bern.

Paraissant tous les 2 mois. — Abonnement Fr. 3.— par an (par la poste Fr. 3.20). — Pour la RÉDACTION s'adresser à Mr. E. NUSSBAUM, Schützenweg 17, Berne.

Nummer 9.

Burgdorf, 27. Mai 1920.

III. Jahrgang.

Inhalt - Sommaire: — *Populäre Elektrizitätslehre:* Wege zur Elektrizität. — *Téléphonie:* Sur le rendement des lignes téléphoniques interurbaines. — *Divers:* Quelques notes sur l'Heure. — Hughes en aluminium. — Verbreitung des Baudot-Duplex in England. — L'utilisation du rayonnement solaire. — Heimatschutz.

Freiheit. Nur der ist frei, der alles um sich her wirklich frei machen will. Hierin bewährt sich die sittliche Kraft dieses höchsten Gedankens, den die Menschen auf alle mögliche Weise unschädlich machen wollen, des Gedankens der Freiheit. Wer sie nur für sich selbst begehrt, mißbraucht sie. Man wird innerlich frei nicht dadurch, daß man Herrschaftsverhältnisse um sich herum errichtet. Es liegt viel Selbstbetrug in solcher Herrschaft. Wer nur am Herrsein über Andere seine eigene Kraft beweisen will, wird gar zu leicht von eben diesen Andern, ihren Wünschen und Neigungen, ihrer stillen Beobachtung und lauten Beeinflussung abhängig. Wir scheinen dann Herren und haben doch die Stützen unserer Kraft nach außen verlegt. Wir gleichen dann dem Bau, der nicht in sich selbst ruht, sondern von den umliegenden Häusern mitgetragen wird.

G. Craub.

Populäre Elektrizitätslehre.

Wege zur Elektrizität.

Von E. Nussbaum, Bern.
(Fortsetzung.)

Konvergierende und divergierende Vorstellungen.

In den Vordergrund unserer Untersuchung haben wir die elementare Elektrizitätslehre gestellt, die wir als eine im allgemeinen nicht ganz zuverlässige Führerin auf dem Wege zur Elektrizität bezeichneten.

Wenn man auch, wie bereits eingangs bemerkt, von den Büchern allein die vollständige Beherrschung des ganzen Gebietes der Elektrizität in Theorie und Praxis nicht erwarten darf, wenn die Bücher uns auch nur Führer, Helfer, Rater sein können und wenn auch hier der Spruch gilt:

Was du ererbst von deinen Vätern hast,
Erwirb es, um es zu besitzen

so ist das wenigste, was wir von ihnen verlangen dürfen, daß sie uns nicht auf Umwege führen und uns nicht Ansichten und Vorstellungen vermitteln, die später durch die Erfahrung und die bessere Einsicht berichtigt oder widerlegt werden. Mit einer Lehre, die mit den Ergebnissen der Erfahrung und der wissenschaftlichen Forschung nicht übereinstimmt und die wir, nachdem wir sie in uns aufgenommen, z. T. mit dem Bewußtsein verabschieden, durch Irrtum zur Wahrheit gelangt zu sein, können und dürfen wir uns nicht zufrieden geben.

Die elementare Lehre, als Grundlage für unsere erfolgreiche Tätigkeit in der elektrotechnischen Praxis, muß uns die ersten Kenntnisse von der Elektrizität so vermitteln, daß sie schon von Anfang an auf eine einheitliche Vorstellungsreihe hin konvergieren, wie sie etwa Prof. Dr. F.

Rosenberger in einem Vortrage über Faraday umschrieben hat:¹⁾ Faraday fand auf Grund seiner Untersuchungen über die Wesensidentität aller der aus verschiedenen Quellen stammenden Elektrizitäten, daß die mannigfachen Wirkungen der Elektrizität sich auf *Anziehungen* und *Abstoßungen*, *Wärmeentwicklungen*, *magnetische Einflüsse*, *chemische Zersetzungen*, *physiologische Erscheinungen* und *elektrische Lichtfunken* reduzieren lassen und er probierte nun die *unterschiedlichen Arten* der Elektrizität, die *gewöhnliche*, d. h. die *statische*, die *galvanische*, die *Magnetoelektrizität*, die *Thermoelektrizität* und die *tierische* auf ihre Fähigkeiten, jene Wirkungen hervorzubringen, der Reihe nach durch. „Der allgemeine Schluß“, sagt Faraday am Ende dieser Prüfung, „welcher, wie ich glaube, aus dieser Summe von Tatsachen gezogen werden muß, ist der, daß alle Elektrizität, welcher Quelle sie auch entstammen mag, ihrem Wesen nach identisch ist. Die fünf aufgeführten Formen oder Arten von Phänomen unterscheiden sich nicht in ihrem Wesen, sondern nur dem Grade nach, und in dieser Beziehung variieren sie je nach den veränderlichen Bedingungen in *Quantität* und *Intensität*,²⁾ welche bei fast jeder der Elektrizitätsarten unter sich nach Belieben ebenso stark verändert werden können, als sie sich von Art zu Art ändern.“

Die elementare Elektrizitätslehre muß uns — um ein anderes Beispiel zu gebrauchen — eine klare Vorstellung davon verschaffen, daß wir es bei der einfachsten Klingelanlage nicht nur mit chemischen und elektromagnetisch-mechanischen Wirkungen des elektrischen Stromes zu tun haben, sondern auch mit thermischen, thermoelektrischen, physiologischen, elektrostatischen und Induktionswirkungen,

¹⁾ Die moderne Entwicklung der elektrischen Prinzipien. Leipzig, 1898, S. 84.

²⁾ Faraday gebraucht den Namen „Intensität“ noch in der von seinem Lehrer Davy angenommenen Bedeutung, er ist also dem modernen Ausdruck *Spannung* gleichzusetzen.

sowie mit Herz'schen Wellen. Wir müssen sodann befähigt werden, diese Wirkungen quantitativ in ihrem relativen gegenseitigen Verhältnis und absolut zu bestimmen.

Aber obschon diese Aufgabe der Lehre schon vor mehr als einem halben Jahrhundert klar vorgezeichnet worden ist, so vermißt man bei den meisten Lehrbüchern das Bestreben, die Elektrizität als einheitlichen Begriff darzustellen und alles scheinbar trennende zu verbinden. Im Gegenteil werden mit Absicht und Fleiß da Scheidewände errichtet, wo es für ein volles Verständnis gerade darauf ankäme, zu zeigen, daß solche nur scheinbar bestehen. Statt des allumfassenden einzigen und einheitlichen Begriffes Die Elektrizität werden wir mit einer Anzahl Teilbegriffen bekannt gemacht, deren Behandlung den Eindruck noch befestigt, als ob man es wirklich mit ganz verschiedenen Elektrizitäten zu tun habe, mit statischer, positiver, negativer, galvanischer, voltaischer, dynamoelektrischer, thermischer usw. In den meisten Lehrbüchern ist der erste Teil gewöhnlich der Elektrostatik gewidmet; hierauf folgt der Magnetismus und anschließend wird dann die „galvanische Elektrizität“ behandelt. So besteht eine erste auffällige Trennung zwischen statischer und bewegter Elektrizität, die dem Lernenden das spätere Verbinden der beiden Begriffe ungemein erschwert.

Ptolemäus und Kopernikus.

Die Elektrizität teilt das Schicksal des Sonnensystems. Auch in der Elektrizitätslehre haben wir ein ptolemäisches und ein kopernikanisches System von Vorstellungen, Erklärungen, Theorien und Hypothesen. Aber während beim Sonnensystem Kopernikus den ptolemäischen Standpunkt siegreich überwand, bestehen in der Elektrizitätslehre heute noch beide Systeme nebeneinander, zum Nachteil der studierenden Jugend, der dadurch der Weg zur Klarheit in den Vorstellungen über die Elektrizität ungemein erschwert wird.

Zur Zeit der ptolemäischen Erklärungsweise galt die Erde als ruhender Mittelpunkt der Welt, und die Sonne, die Planeten und die Sterne umkreisten sie in 24 Stunden. Aber die genaue Beobachtung des Himmels ergab für die Sonne und die Planeten ganz bedenkliche Abweichungen von dem einfachen Verlauf, den das System voraussetzte. Diese Gestirne veränderten ihre relative Stellung zu den Fixsternen und unter sich sehr rasch. Da man aber am System nicht zu rütteln wagte und die Erde als Königin des Universums nicht entront werden durfte, so mußten für die Bewegungen der Gestirne des Sonnensystems zahlreiche komplizierte Korrekturen vorgenommen werden. Das ganze ptolemäische System beruhte auf Schein und Irrtum.

Als aber Kopernikus dieses System umstürzte und der Sonne ihren Platz anwies als Mutter der Planetenfamilie, da wurde auf einmal alles einfach, klar, gesetzmäßig; so gesetzmäßig, daß später das Vorhandensein eines unbekannteren größeren Planeten außerhalb der Bahn des Uranus durch Rechnung festgestellt und vorausgesagt werden konnte und durch die Entdeckung des Neptun bestätigt wurde.

Die Lehrsätze über Elektrizität, die wir uns schon in unserer Jugendzeit ins Gedächtnis prägen mußten und die noch heute in allen Elementarbüchern Kurs haben: „Es gibt zwei Elektrizitäten“, „Die Elektrizität ist eine Energieform“, „die Elektrizität wird erzeugt, indem man . . .“, „die Elektrizität pflanzt sich mit der Lichtgeschwindigkeit fort“, „es gibt gebundene und freie Elektrizität“, „durch Reibung entsteht Elektrizität“ usw., diese Sätze bilden das ptolemäische System der Lehre von der Elektrizität.

Doch der Geist des Kopernikus ist auch hier unermüdet tätig und was er mit seinem kritischen Blick erfaßt und durchschaut, das wird einfacher, klarer und verständlicher, und in dem Maße, wie wir in diesen Geist eindringen und

wie dieser Geist uns durchdringt, ordnen und klären sich auch unsere verworrenen Vorstellungen. Da uns nun die klarsten Quellen der Erkenntnis meistens nicht zugänglich sind, und die elementare Lehre versagt, so geht es uns mit der Erkenntnis auf dem Gebiete der Elektrizität ähnlich, wie mit der Kunst, zu leben: Durch Irrtum gelangen wir zur Wahrheit. Wenn es aber für die Lebenskunst eine einfache, eindeutige, absolute Wissenschaft, ein für alle leicht verständliches Lehrgebäude nicht gibt, so gibt es doch eine elektrische Wissenschaft und es sollte nicht nötig sein, daß, wer in diese Wissenschaft eindringen will, sich nur durch Irrtum zur Wahrheit hindurcharbeiten muß. Es sollte Führer geben, die uns geradenwegs zu Kopernikus führen und den Umweg über Ptolemäus ersparen.

Neuere Vorstellungen.

Als Beispiel für einen vorwiegend im kopernikanischen Sinne behandelten Gegenstand der Elektrik sei hier unser Aufsatz über den Kondensator genannt. Es mag dem aufmerksamen Leser desselben aufgefallen sein, daß dort die physikalischen Grundlagen des Kondensators und seine Wirkungsweise erörtert worden sind und daß wir dabei sogar von der Elektrisiermaschine ausgehen konnten, ohne uns an die gebräuchlichen Begriffe von positiver und negativer und von freier und gebundener Elektrizität zu halten, welche sonst bei der Erklärung des Kondensators unentbehrlich schienen.

Die Elektrizität ist in unseren Modellen durch das Wasser vertreten und die Bezeichnungen *positiv* und *negativ* konnten nur auf die beiden Fälle Bezug haben, wo auf das Wasser ein Druck ausgeübt, bzw. wo es angesaugt wird und wo in der Kautschukmasse eine Druck- bzw. Zugspannung herrscht.

Unsere Darstellungsweise ist nur die konsequente Anwendung von Lehr- und Leitsätzen, die längst in der Literatur festgelegt sind und als ein Niederschlag aus den neuern Forschungsergebnissen über das Wesen der Elektrizität betrachtet werden können.

Diese auf der Franklin'schen Ein-Fluid- und auf der Elektronen-Theorie beruhenden Sätze, die wir im folgenden wiedergeben und welche teils den Werken von Oliver Logde, Fournier d'Albe u. a. entnommen sind, teils vom Verfasser stammen, wollen jedoch nicht als absolute Wissenschaft aufgefasst sein. Sie sind lediglich da zur Ermöglichung von Hilfsvorstellungen und haben gegenüber der Zwei-Elektrizitäten-Theorie den Vorteil grösserer Einfachheit und Verständlichkeit. Was die Elektrizität wirklich und letzten Endes ist, werden wir ja nie erfahren.

Man kann annehmen, es gebe nur *eine* Elektrizität.¹⁾ Sie ist in der ganzen Körperwelt als ein feiner Stoff verteilt, der Wesen und Ursache aller elektrischen Erscheinungen ist.

Jeder Körper enthält im normalen Zustande eine bestimmte Menge von diesem Stoffe und alle elektrischen Erscheinungen werden hervorgerufen durch die Verteilung und Bewegung des Fluidums.

Elektrizität wird weder geschaffen noch zerstört; sie wird einfach bewegt oder in Spannung versetzt, wie Materie. Nie ist es gelungen, eine Spur sogenannter positiver Elektrizität hervorzurufen, ohne daß sich die gleiche Menge negativer Elektrizität irgendwo ihr gegenüber vorgefunden hätte.

Entzieht man dem Körper einen Teil des Fluidums, des elektrischen Stoffes, oder drängt man ihm über die in demselben enthaltene normale Menge hinaus noch von diesem Stoffe auf, so erweist er sich als elektrisch (elektrostatisch) geladen. Die beiden Fälle wurden früher so unterschieden, daß man annahm, der Körper sei mit negativer

¹⁾ Wir vermeiden absichtlich die bestimmte Form: Es gibt nur *eine* Elektrizität.

oder positiver Elektrizität geladen. Heute sagt man zutreffender, er sei in einem negativ- oder positiv-elektrischen Zustande.

In einer verhängnisvollen Stunde wurde die Glaselektrizität positiv, die Harzelektrizität negativ genannt. Die Tatsache, daß die „beiden Elektrizitäten“ einander neutralisierten, rechtfertigte die Ausdrücke; aber nichts wies darauf hin, welcher Art das wahre *einzig*e Fluidum sei.

Es gibt so wenig zwei Arten Elektrizität, als wir von zwei Arten Luft sprechen, weil verdünnte und verdichtete Luft einander in Bezug auf den Druck neutralisieren und gegen die gewöhnliche Luft ein besonderes Verhalten zeigen.

Beim Galvanismus mutete man uns zu, uns vorzustellen, daß der elektrische Strom zusammengesetzt sei aus den in entgegengesetzter Richtung an einander vorbeifließenden positiven und negativen Elektrizitäten. Das Unmögliche einer solchen Vorstellung einsehend, erlaubte man uns, die negative Elektrizität außer Betracht zu lassen und nur die positive zu berücksichtigen, die vom positiven Pol der Batterie durch den äußern Stromkreis zum negativen Pol fließt.

Jetzt wissen wir, daß, wenn überhaupt ein Strom vorhanden ist, er gerade nach dem positiven Pol hinfließt und daß ferner, wenn ein Körper elektrostatisch „negativ“ geladen ist, er mehr Elektrizität enthält, als seine Umgebung, und daß umgekehrt seine Ladung „positiv“ ist, wenn ihm Elektrizität entzogen worden ist. Die Strömung der „negativen“ Elektrizität, d. h. der Elektrizität, die sich nach der alten Theorie vom negativen zum positiven Pol bewegte, die wir aber vernachlässigten, ist heute als der wirkliche und alleinige elektrische Strom erkannt. Da nun aber die Frage der absoluten Stromrichtung, d. h. der Richtung, in welcher sich das Fluidum im Leiter wirklich bewegt, in der praktischen Elektrotechnik keine Rolle spielt, so bleiben wir der „Konsequenzen halber“ vorläufig noch bei der bisher üblichen Erklärung, wonach der Strom vom positiven zum negativen Pole fließt.¹⁾ Wir geben uns schon damit zufrieden, daß sich unsere Vorstellungskraft nicht mehr mit den beiden in entgegengesetzter Richtung an einander vorbeifließenden positiven und negativen Elektrizitäten zu befassen braucht.

Man sagt uns, Elektrizität sei eine Energieform. Das ist fast so ungenau, als wenn ich behauptete, Wasser sei eine Energieform. Sowie dem Wasser erst dann Energie, d. h. die Fähigkeit, Arbeit zu leisten, innewohnt, wenn es entweder fließt, strömt (kinetische Energie oder Energie der Bewegung), oder wenn es in einem hochgelegenen Behälter, in einem Stausee, Reservoir u. s. w. aufgespeichert ist (potentielle Energie oder Energie der Lage), ebenso ist die Elektrizität erst dann entweder kinetische Energie, wenn sie fließt, strömt, oder potentielle Energie, wenn sie ruhend ein höheres, oder niedrigeres Potential besitzt, als ihre Umgebung.

Der Satz „Elektrizität ist eine Energieform“ ist nur insofern berechtigt, als die Elektrizität überhaupt nur als kinetische oder potentielle Energie in die Erscheinung tritt und sonst als nicht vorhanden betrachtet wird; während das Wasser im Meere bei ruhiger See und zur Zeit der Ebbe sichtbar und greifbar da ist, ohne potentielle oder kinetische Energie zu besitzen.

Strömende Elektrizität, d. h. den elektrischen Strom in einem Leitersystem kann man in enger Uebereinstimmung mit strömendem Wasser in einem Röhrensystem vergleichen. Das Wasser durchfließt die Röhre unter der Wirkung eines Druckes, oder einer Druckdifferenz zwischen Anfang und Ende der Röhre; es fließt umso schneller, je größer der Druck ist, oder, bei gleichbleibender „Stromstärke“, je kleiner der Querschnitt des Hohlraumes, d. h. je enger die Röhre ist.

¹⁾ Am auffallendsten tritt dieser Konflikt bei der Theorie der Verstärkeröhre hervor, wo die Annahme eines negativen Elektronenstromes allein eine befriedigende Vorstellung verschafft und Erklärung ermöglicht.

Der elektrische Strom entsteht ebenfalls infolge der Wirkung eines Druckes, den man in einer wenig zutreffenden Weise als Spannung bezeichnet, oder auch als elektromotorische Kraft, abgekürzt E. M. K. Der Strom ist umso stärker, d. h. die Elektrizität fließt umso schneller, je größer der Druck ist. Bei gleichbleibender Stromstärke ist die Geschwindigkeit umso größer, je kleiner der Querschnitt des Leiters ist.

Die elektrische Stromstärke ist definiert als die in der Zeiteinheit durch einen Leiterquerschnitt fließende Elektrizitätsmenge. 1 Coulomb pro Sekunde entspricht der Stromstärke 1 Ampère. In der Hydraulik gibt es keinen dem Ampère entsprechenden Ausdruck für die Wasserstromstärke, wohl aber für die „Strommenge“ pro Zeiteinheit, z. B. den Minutenliter; den Sekundenliter oder den Sekunden-Kubikmeter u. s. w.

Die vollkommene Analogie zwischen einer Wasserstromstärke und der elektrischen Stromstärke besteht aber darum nicht minder. Der Begriff der Stromstärke ist nur deshalb einseitig für die Elektrizität bestimmt, weil in der Elektrotechnik der Stromstärke größere Bedeutung zukommt, als der Strommenge, während es in der Hydraulik eher umgekehrt ist und weil hier die Stromstärke nicht in so einfacher Weise durch einen Druck und einen Widerstand bestimmt werden kann. Diese Unterschiede haben ihren Grund also lediglich in der Verschiedenheit der praktischen Bedürfnisse. Aus rein praktischen Gründen bezeichnet man z. B. beim Laden einer Sammlerbatterie die durch die Batterie geschickte Strommenge auch nicht mit Coulomb, sondern mit Ampère-Stunden (1 Ampère-Stunde = 3600 Coulomb), weil es einfacher ist, diese Menge mit einem Ampèremeter und mit der Uhr zu messen, als mit einem Coulombzähler.

Der Begriff der Fortpflanzung der Elektrizität besteht nicht zu Recht. Nicht die Elektrizität ist es, welche sich mit einer jede Vorstellung übersteigenden Geschwindigkeit „fortpflanzt“, sondern es sind die Aenderungen im Bewegungs- oder Ruhezustande der Elektrizität.

Eine horizontal liegende Eisenröhre von einigen Meter Länge sei mit Wasser gefüllt und an einem Ende mit einem hermetisch schließenden, aber beweglichen Kolben abgeschlossen, am entgegengesetzten Ende aber wie eine Spritze mit einem Ansatzröhrchen versehen. Einen Schlag auf den Kolben wird dem von der Röhre umschlossenen Wasserzylinder einen Bewegungs-Impuls in der Längsrichtung erteilen, der infolge der Inkompressibilität des Wassers nahezu im gleichen Moment, wo der Schlag erfolgt, am andern Ende der Röhre wahrgenommen wird. Der Impuls durchheilt mit großer Geschwindigkeit die Röhre und bewirkt, ohne daß ein einzelnes Wasserteilchen sich um mehr als einige Millimeter von seiner Ruhelage entfernt, daß am andern Ende einige Tropfen Wassers aus der Röhre hinausgetrieben werden. Wird der Kolben hin und her bewegt, so nimmt die ganze Wassermenge wie eine starre Stange oder Latte an der Bewegung teil. Ähnlich verhält es sich bei der Elektrizität. Bei der Kabeltelegraphie z. B. fließt auch kein elektrischer Strom von Europa nach Amerika, sondern es ist nur der beim Stromschluß der in der Kabelader ruhenden Elektrizität erteilte Bewegungsimpuls, welcher sich mit der erstaunlichen Geschwindigkeit fortpflanzt; die in der Kabelader ruhende Elektrizitätsmenge kommt auf der ganzen Länge fast gleichzeitig in Bewegung.

Die historische Grundlage der Elektrizitätslehre.

Der Hauptgrund für die mangelnde Einheitlichkeit und Uebereinstimmung unserer Vorstellungen liegt ohne Zweifel in der den meisten Lehrbüchern als Grundlage dienenden historischen Darstellungsweise.

Während die nach vorwärts strebende, dem Unbekannten zugewandte Theorie veraltete und abgenützte Anschauungen und Vorstellungen endgültig hinter sich liegen läßt und nur

ab und zu aus Pietät an gewisse Uebereinstimmungen zwischen älteren Ansichten und den neuesten Forschungsergebnissen erinnert, beruht die elementare Lehre mit wenigen Ausnahmen auf längst überholten Theorien der verschiedensten Zeitepochen. Selbst in Werken, deren Verfasser sich ausdrücklich zu moderneren Anschauungen bekennt, finden wir oft ein verwirrendes Gemisch von neuen und alten Vorstellungen und einen auffälligen Mangel an Konsequenz in der Behandlung des Stoffes. Ein Beispiel: Im Vorwort seines 1887 in deutscher Uebersetzung erschienenen Buches *Elementare Vorlesungen über Elektrizität und Magnetismus* führt der Verfasser Sylvanus Thompson über die theoretische Grundlage seines Buches und über dessen Verhältnis zur Theorie folgendes aus:

„Obwohl der Verfasser es nicht für angemessen erachtet, in einem elementaren Lehrbuche die verschiedenen Theorien über die Natur der Elektrizität zu besprechen, da über dieselben ja die größten Autoritäten noch nicht einig geworden sind, so hält er es doch zum besseren Verständnis des Buches für zweckdienlich, wenigstens den von ihm vertretenen Standpunkt in Kürze darzulegen. Die in diesen Vorlesungen angenommene Theorie der Elektrizität ist die folgende: Es gibt nur eine Elektrizität, nicht zwei, was die wahre Natur derselben ist, lassen wir dahingestellt, aber wir behaupten, Elektrizität ist weder Materie, noch Energie; sie hat aber mit beiden das gemeinsame, daß sie weder geschaffen, noch zerstört werden kann.“

Ist es nun nicht eine auffallende Inkonsequenz, wenn der 4. Abschnitt der 1. Vorlesung die Ueberschrift trägt: *Zwei verschiedene Arten der Elektrizität*, und wenn in den folgenden Ausführungen nach alter Schablone wieder von Glas- und Harz, von positiver und negativer Elektrizität die Rede ist?

Es darf nicht übersehen werden, daß der historischen Entwicklung oft nur zufällige Entdeckungen als Ausgangspunkt gedient haben und daß es dem Lernenden die Aufgabe jedenfalls nicht erleichtert, wenn er ohne kritisches Urteil und ohne praktische Erfahrung sich durch die vielen widersprechenden und veralteten Meinungen und Erklärungsversuche hindurcharbeiten muß.

Ein lehrreiches Beispiel erleben wir in unserer Zeit, wie die Lehre immer wieder in Formen erstarrt, die einst als sie noch neu waren, die Aufmerksamkeit der ganzen Welt auf sich gezogen, die aber dann rasch veralteten. Hat es nicht den Anschein, als ob der Kohärer, der in der Radiotelegraphie zuerst als Wellen-Detektor benützt wurde, nicht sobald aus unsern Schulen und Lehrbüchern verschwinden wird, obschon er längst in die technische Rumpelkammer befördert worden ist?

Goethe charakterisiert in trefflicher Weise diesen *Einfluß des Ursprungs wissenschaftlicher Entdeckungen*.

„Eine höchst wichtige Betrachtung in der Geschichte der Wissenschaften ist die, daß sich aus den ersten Anfängen einer Entdeckung manches in den Gang des Wissens heran- und durchzieht, welches den Fortschritt hindert, sogar öfters lähmt.“

Die Gelegenheit der Entdeckung ist freilich höchst wichtig, und die Anfänge geben zu Benennungen Anlaß, die an und für sich selbst nicht schädlich sind. Elektrizität erhielt vom Bernstein ihren Namen, und zwar ganz mit Recht; weil aber hierdurch dem Bernstein diese Eigenschaft zugeeignet wurde, so dauerte es lange, bis man ihm das Glas an die Seite und entgegen setzte. So hat auch jeder Weg, durch den wir zu einer neuen Entdeckung gelangen, Einfluß auf Ansicht und Theorie. Wir erwehren uns kaum, zu denken, was uns zu einer Erscheinung geleite, sei auch der Beginn, die Ursache derselben; dabei beharren wir, anstatt von der umgekehrten Seite heranzugehen und die Probe auf unsere erste Ansicht zu machen, um das Ganze zu gewinnen.

Was würden wir von dem Architekten sagen, der durch eine Seitentüre in einen Palast gekommen wäre und nun, bei Beschreibung und Darstellung eines solchen Gebäudes, alles auf diese erste, untergeordnete Seite beziehen wollte? Und doch geschieht dies in den Wissenschaften jeden Tag. In der Geschichte müssen wir es zugeben; schwer aber wird uns, zu bekennen, daß wir selbst noch in solchen Dunkelheiten befangen sind.“ —

„Jeder, der ein Lehrbuch schreibt, das sich auf eine Erfahrungswissenschaft bezieht, ist im Falle, ebenso oft Irrtümer als Wahrheiten aufzuzeichnen; denn er kann viele Versuche nicht selbst machen, er muß sich auf anderer Treu und Glauben verlassen und oft das Wahrscheinliche statt des Wahren aufnehmen. Deswegen sind die Kompendien Monumente der Zeit, in welcher die Data gesammelt wurden, deswegen müssen sie auch oft erneuert und umgeschrieben werden. Aber indem sie neue Entdeckungen geschwind aufnehmen und einige Kapitel dadurch verbessern, so erhalten sie in andern falsche Versuche und unrichtige Schlußfolgen desto länger.“

Mehr als damals, gilt in unserer Zeit das, was Goethe im vierten Absatz sagt, von der Elektrizitätslehre, die immer noch entsprechend der historischen Entwicklung die Elektrostatik an den Anfang stellt, und alles spätere auf die dort entwickelten Begriffe und Vorstellungen bezieht. Sie tut, als ob unserer heutigen Generation, die doch im Zeitalter der angewandten Elektrizität lebt, durch den Versuch mit der geriebenen Harzstange der Begriff der Elektrizität erst noch beigebracht und der Beweis geleistet werden müßte, daß es ein Etwas gebe, das man Elektrizität nennt. Das erinnert an jenen Physikprofessor, der, nachdem er seinen Schülern das bekannte „Feuerzeug der Wilden“ vorgeführt hatte, folgende Erklärung abgibt: Meine Herren, das, was durch die rasche Drehung des Stabes, durch die Reibung, erzeugt wurde und schließlich zur Entzündung des Stabes geführt hat, nennt man in der Physik die Wärme!

Man versetze sich an die Stelle eines jungen Menschen von heute. Seine ersten Lichteindrücke vermittelte ihm die Glühbirne. Das Kind kennt keine andere künstliche Lichtquelle und lernt den Schalter drehen, ohne sich beim ersten Gelingen etwas anderes zu denken, als daß es nun schon groß sei. Wie staunt es, wenn gelegentlich wieder einmal unser altes Petrollicht angezündet wird! An den Anblick der Straßenbahn gewöhnt es sich ebenso, wie an die Glühlampe; es lernt das Telephon kennen und ahnt den innern Zusammenhang dieser Dinge durch den Anblick der allgegenwärtigen Leitungen und Drähte. Mit zunehmendem Alter erweitert sich der Gesichtskreis immer mehr. Der junge Mann lernt weitere Anwendungsgebiete der Elektrizität kennen. Er sieht Kraftwerke, elektrische Eisenbahnen, Telegraphen, Klingelanlagen, Aufzüge, Motoren, Automobile, Kochapparate, Bügeleisen, Taschenlampen u. s. w. Seine Spielzeuge sind Miniaturen solcher Einrichtungen. Elektriersmaschine, Leydener-Flasche und Elektrophor sind äußerst selten geworden im Laboratorium unserer Knaben. In der Schule erhält der junge Mann den ersten Unterricht über Elektrizität, welcher natürlich mit der Elektrostatik beginnt. Die Elektrizität, die er immer als eine sehr ernste und wichtige Sache angestaunt, sie tritt hier nun auf als Spielzeug, als Taschenspielerei. Der Jüngling sieht sich in eine Welt von Apparaten und Erscheinungen versetzt, die mit seinen von Jugend an feststehenden Vorstellungen über die Elektrizität und ihre praktischen Anwendungen in keinem kausalen Zusammenhang zu stehen scheinen und die, statt seinen Vorstellungen mit dem Verstehen den festen Rahmen für den weitem Ausbau seiner Kenntnisse zu verleihen, ihn nur verwirren.

In der Lehre von der Entstehung der Arten (Darwin'sche Theorie) gibt es ein von Häckel sogenanntes „Biogene-

fisches Grundgesetz.“ Dasselbe ist aus der Tatsache abgeleitet, „daß ein Organismus in seiner individuellen Entwicklung von der Mutter Schoß bis zum Grabe (Ontogenie) die Entwicklungsstufen, welche seine Ahnenreihe im Laufe der Zeiten durchlaufen hatte (Phylogenie), wiederhole.“ Ein ähnliches Verhältnis besteht zwischen der „phylogenetischen“ Entwicklung der Elektrischen Prinzipien im Laufe von 2—3 Jahrhunderten und der „ontogenetischen“ Entwicklung unserer persönlichen Anschauungen und Vorstellungen über die Elektrizität. Welchem Leser, der s. Zt. auf dem Wege des methodischen Schulunterrichts in die Elektrizitätslehre eingeführt worden ist, wurde nicht als erstes Experiment die geriebene Glas- oder Siegellackstange mit ihrer durch Reibung erlangten Fähigkeit, leichte Körper anzuziehen, vorgeführt?

Welcher Elektrotechniker, welcher Telegraphenbeamte, ja welcher Laie denkt aber 10 oder 20 Jahre später noch daran, wenn von der Elektrizität die Rede ist, daß der Bernstein derselben Namen gegeben und daß sie einst Bernsteinkraft genannt worden ist? Wie weit entfernt ist die Vorstellung, die das Wort Elektrizität in unserem Geiste auslöst, von dem Bilde entfernt, das uns den findigen Bürgermeister Guericke von Magdeburg beim Bau seiner Elektrisiermaschine zeigt!

Das elementare Lehrbuch der Elektrizität muß vom Bekannten ausgehen, wie der erste Grammatikunterricht von der Muttersprache und nicht vom Alt-Hochdeutsch oder vom Latein ausgehen muß. Der historische Entwicklungsgang als Lehrgebäude im Elementarunterricht muß entschieden verlassen werden.

Zeugnisse.

Historische Angaben sind in der Regel vermieden. Denn der historische Entwicklungsgang pflegt nicht der pädagogisch beste zu sein und zu rein idealem Interesse an ihm fehlt es der Technik an Zeit. (Dr. R. Heilbrun, Elementare Vorlesungen über Telegraphie und Telephonie).

Fournier d'Albe schreibt in seiner Einleitung zur Elektrontheorie:

„Dieses Werk hat den Zweck, dem Leser eine kurze zusammenhängende Darstellung der neuen Theorie der Elektrizität und des Magnetismus zu geben, die zwar schon allgemein anerkannt wird, aber nur schwer sich den Weg in die elementaren Lehrbücher bahnt.“

„Unsere stets vor Neuerungen zurückstehenden Lehrbücher müssen allmählich zu den neuen Anschauungen bekehrt werden. Man muß ihnen Mut machen, überhaupt das Wort „Elektrizität“ auszusprechen — ein Wort, das noch unlängst nur mit Vorsicht gebraucht wurde, da man seine Bedeutung nicht kannte.“

Charles Gibson und Hans Günther im Vorwort zu Was ist Elektrizität? (Kosmos):

„Wir erhalten durch die Elektrontheorie, die die Wissenschaft schon seit langen Jahren kennt, die aber ihren Weg in die elementaren Lehrbücher der Physik und in Laienkreise noch nicht gefunden hat, zum erstenmal einen Ueberblick über die elektrischen, magnetischen und optischen Erscheinungen, der mehr ist, als eine Beschreibung, denn wir bekommen zugleich einen Einblick in die Natur der Vorgänge, die diesen Erscheinungen zugrunde liegen.“

Prof. Dr. K. W. Wagner (in einer Besprechung des Buches: Theorie der Elektrizität, von Dr. M. Abraham, E. T. Z. 1919, Seite 291.):

„Die Berechnung elektrischer und magnetischer Kreise von Maschinen und Transformatoren und auch die sogenannte elektrische Festigkeitslehre beruht ausschließlich auf der Feldanschauung. Nur wenn er sich mit der Theorie beschäftigte, glaubte der Elektrotechniker vielfach, die be-

währte Feldanschauung beiseite lassen und auf die sogenannten „Grundgesetze“ von Coulomb, Biot-Savart u. a. zurückgreifen zu müssen. Wir wissen längst, daß diese „Elementargesetze“ gar keine Grundgesetze sind; sie stellen, was allerdings in den älteren Lehrbüchern fast nie erwähnt ist, das Feld nur unter ganz engen Voraussetzungen dar, die man wohl im Laboratorium verwirklichen kann, die aber in den Anordnungen, die den Elektrotechniker interessieren, fast niemals erfüllt sind. Es ist daher klar, daß die in dieser Richtung sich bewegenden theoretischen Bemühungen der Elektrotechniker meistens kläglich scheitern mußten; nicht zum wenigsten hierauf ist in unserem Fachgebiet die geringe Wertschätzung der Theorie bei vielen Praktikern zurückzuführen.

Wenn man nach den Gründen forscht, weshalb bei uns Elektrotechnikern die Maxwell'sche Auffassung gerade in der Theorie zuletzt Eingang gefunden hat und sich selbst heute noch nicht recht eingebürgert hat, so stößt man auf zweierlei. Die Mehrzahl von uns hat auf der Hoch- oder Fachschule keine Möglichkeit gehabt, Maxwell'sche Theorie zu lernen. Unsere Lehrer waren in dem Geiste der alten Fernwirkungsvorstellungen groß geworden; er beherrschte natürlich auch ihre Vorlesungen, und von Maxwell'schen Anschauungen war kaum ein Hauch darin zu spüren.“

Aber

„Eine systematische Bearbeitung von Lehrbüchern über die Elektrizitätslehren (?) ist sehr schwer, indem die Gesetze, aus welchen diese Lehren entstehen, teils durch Experimente, welche keine logische Anordnung zulassen und oft in gar keinem Zusammenhang stehen, teils durch die Annahme von Hypothesen begründet werden, und dies mag wohl der Grund sein, warum die diesbezügliche Litteratur zwar reich an allen möglichen, mehr oder weniger wertvollen wissenschaftlichen Abhandlungen, aber sehr arm an wirklichen Lehrbüchern ist.“ (Dr. A. Kleyer, Lehrbuch der Reibungselektrizität 1886.)

Und

„In keinem Zweige des menschlichen Wissens sind größere Schwierigkeiten bei der Aufstellung einer befriedigenden Theorie aufgetreten, wie gerade bei der Elektrizitätslehre. Die verwirrende Mannigfaltigkeit der Erscheinungen, das fortwährende Auftauchen neuer Tatsachen, alles umstürzende neue Entdeckungen und die Sprödigkeit und Unantastbarkeit des Stoffes an sich vereinigen sich zu einem schier uneinnehmbaren Bollwerk gegen eine allumfassende Theorie! (Fournier d'Albe.)

In einem spätem Aufsatz soll dann das Verhältnis der Lehre zur Theorie, zur Elektrotechnik, zur Mathematik und zur Mechanik kurz besprochen werden.



Téléphonie

Sur le rendement des lignes téléphoniques interurbaines.

Par A. Möckli, Berne.

Parmi les nombreuses composantes qui concourent à la formation de ce grand tout qui s'appelle un *bon service téléphonique*, il y en a une que nous aimerions examiner de plus près; c'est celle de l'exploitation des lignes interurbaines. Nous dirons pour le moment et sans tenir compte de son importance, qu'une ligne est bien exploitée, si la téléphoniste qui la dessert aux moments de fort trafic réussit à chaque heure, à la faire occuper par des conversations payantes pendant le nombre de minutes pratiquement réalisable. L'idéal, ou si l'on préfère le rendement 100%, se présentera lorsqu'une ligne, pour laquelle des inscriptions arrivent sans cesse à la table d'opératrice, sera