Zeitschrift: Schweizerische pädagogische Zeitschrift

Band: 11 (1901)

Heft: 4

Artikel: Über die wichtigsten Fortschritte der Naturwissenschaften, speziell der Physik und der Chemie, im XIX. Jahrhundert : 1. Teil

Autor: Merz, Hermann

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-788986

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 16.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Über die wichtigsten Fortschritte der Naturwissenschaften, speziell der Physik und der Chemie, im XIX. Jahrhundert.

Vortrag, gehalten am 15. Sept. 1900, vor dem Verein oberaargauischer Mittellehrer

von Hermann Merz, Gymnasiallehrer in Burgdorf.

Die nachfolgende Arbeit war nicht für Drucklegung und Veröffentlichung bestimmt. Auf die Anfrage des Präsidenten des oberaarg. Mittellehrervereins hin erklärte ich mich gerne bereit, im Schosse der Vereinigung zum Ausfüllen eines ohnedies schon arbeitsreichen Vormittages einen Vortrag zu halten, und wählte hiezu das gegenwärtige Thema in der Voraussicht, manchem Kollegen einiges Neue, manchem Bekanntes vollständiger, allen aber die Tatsache darzulegen, dass gar vieles, das wir heute als ganz selbstverständlich ansehen, ein Kind der allerletzten Zeit ist, und damals, als es gefunden wurde, sich gar nicht so selbstverständlich darbot, wie uns das heute vorkommt. Natürlich konnte ich der Kürze der Zeit wegen auf keine Einzelheiten eintreten, und das Entstehen eines Gesetzes zum Beispiel, das langsame Werden und Ausfeilen seiner Grundzüge, das Untersuchen und Diskutiren desselben nicht detaillirt klarstellen, sondern musste mich darauf beschränken, das Gesetz in der Form zu geben, in die es heute gefasst wird, wenngleich es vielleicht in seiner ursprünglichen Fassung (als Kind seiner Zeit) ganz anders ausgesehen hat. Gleichwohl fand die anspruchslose Arbeit, die ich nicht einmal geschrieben hatte, den ungeteilten Beifall der anwesenden Kollegen, und ich wurde von allen Seiten bestürmt, den Vortrag durch Drucklegung festzuhalten. Der Not gehorchend, nicht dem eignen Triebe, gab ich endlich dem Drängen nach, wenn ich auch wohl weiss, dass der aufmerksame Leser die Sache wesentlich anders betrachten und einen vom damaligen ganz verschiedenartigen Masstab an das „Werk“ anlegen wird. Ich betone ausdrücklich, dass meine Aufgabe nicht die war, eine Geschichte der Naturwissenschaften im verflossenen Jahrhundert zu schreiben — dazu brauchte es ja ganz andere Mittel, und es würde

die Arbeit Bände füllen — sondern die, in zwanglosester Weise aus dem gewaltigen Tatsachenmaterial einiges herauszulesen und es in einer Weise darzustellen, dass auch der Nichtfachgenosse sich ein Bild von der ungeheuren Entwicklung der Wissenschaft der Zukunft machen kann. Es ist daher auch sehr vieles weggelassen, das gerade den Fachkollegen interessiren müsste, den Fernerstehenden aber ermüden würde; auf Vollständigkeit, auch in den speziell behandelten Gebieten, macht der Aufsatz deswegen nicht im entferntesten Anspruch.

Mit dieser Einschränkung übergebe ich denn diese Blätter der Öffentlichkeit, nicht als ein Verkünder neuer Ideen, sondern als ein ganz bescheidener und seiner Unvollkommenheit wohlbewusster Jünger Aristoteles und Herons, der in prunkloser Weise zu seinen Kollegen spricht. So möchte ich also das Folgende aufgefasst wissen; auch der Kritiker möge sich der vorstehenden Darlegung immerhin erinnern, bevor er sein Sezirmesser an den Vortrag legt. Zur Ausarbeitung des Themas wurden noch einige neuere Erscheinungen der Fachliteratur herangezogen, besonders die Jahrgänge 15 und 16 der „Naturwissenschaftl. Rundschau".

Einleitung.

Das XIX. Jahrhundert wird meist das Jahrhundert der Naturwissenschaften, die ihm den markanten Stempel aufgedrückt haben, genannt, oder besser noch das Zeitalter der naturwissenschaftlichen Technik, denn jede wissenschaftliche Errungenschaft wird sogleich von der Technik nutzbar gemacht, von der Praxis mit Beschlag belegt. Goethe sagte zwar: Ins Innere der Natur tritt kein erschaff'ner Geist! und er hat in gewisser Beziehung auch vollständig recht, denn über den Begriff „Leben", über Ursprung und Quelle des Seins wissen wir heute ebenso wenig wie die alten Naturforscher. Wir haben zwar erkannt, dass das Leben von der Bewegung gewisser Substanzen abhängt, ja, dass es gewissermassen die Summe verschiedener Bewegungen darstellt, die man Lebensbewegungen nennt — aber dem Ursprung sind wir deswegen doch um keinen Schritt näher gerückt, und die Theorie des Ignorabimus von Du Bois-Reymond behält vorläufig ihre volle Gültigkeit. Doch wir haben der Natur immerhin schon recht viel abgetrotzt, manch tiefes Geheimnis aufgedeckt und vieles klargemacht, was, wie das Bild der Wahrheit von Sais, mit einem dichten Schleier bedeckt schien. Und merkwürdig — das verflossene, an politischen Stürmen so reiche Jahrhundert, das selber unter heftigem Blitzen und Donnern das Licht der Welt erblickt hat .... es ist zur Wiege der neuen Naturbetrachtung geworden; trotz der Wirbelwinde der französischen Revo-

lution arbeitete die Wissenschaft still und unverdrossen weiter und zog unbekümmert um zertrümmerte Herrschertrone, um die vom Blute der Erschlagenen gerötete Erde und um das Wehklagen der unschuldig Gemordeten ihre ruhige und sichere Strasse: Die sich bahnbrechende Erkenntnis lässt sich vom Menschen in keine Fesseln schlagen.

In die schwersten Zeiten fallen Erfindungen und Entdeckungen, die das Leben der Völker von Grund aus umgestaltet, und es in einer Weise beeinflusst haben, dass es sich den neuen Ideen anpassen musste und von ihnen gelenkt und geleitet wurde. Denken wir bloss an die Erfindung Foultons, der 1807 seinen ersten Raddampfer baute (wenn wir auch gestehen müssen, dass schon viel früher Papin den ersten derartigen Versuch gemacht hat), an die Erfindung der Schiffsschraube und ihren Einfluss auf Handel und Verkehr und nicht zuletzt auch auf die Wissenschaft selber, so ist wohl die aufgestellte Behauptung ohne weiteres bewiesen. Unser tintenklexendes Zeitalter wurde zu einem solchen durch die Erfindung der Stahlfeder im Jahre 1803!

Nachdem die schwersten Stürme des politischen Meeres sich einigermassen gelegt hatten, begann die Entwicklung der friedlichen Faktoren, des Handels, der Industrie und der Technik in einer Weise, die alles andere weit überflügelte, und alle Kräfte wurden diesem Dreigestirn dienstbar gemacht, ordneten sich ihm willig und freudig unter. Im Jahre 1816 trat Howe mit der ersten Nähmaschine an die Öffentlichkeit. Wie viele Tausende sind wohl seither schon hergestellt worden, wie viele gegenwärtig im Gebrauch? 1817 fuhr Draise zum erstenmale auf einer gar eigenartigen und sonderbaren Maschine herum und wurde reichlich ausgespottet und verlacht — heute gehört das Velofahren fast zur allgemeinen Bildung, und eine Fabrik überbietet die Produkte der anderen!

Eine fundamentale Umwälzung des Verkehrs brachte die Eisenbahn hervor, deren Wagen zuerst 1825 durch Stephensons Lokomotive Rakett — Verwendung der Dampfmaschine Newcomen-Watt-Potters — als Triebkraft gezogen, zwischen Stokton und Darlington kursirten. Welche unendlichen Schwierigkeiten hatte der Erfinder zu überwinden, bis es ihm endlich gelang, alle die vielen Vorurteile zu brechen und zu besiegen! — heute fährt das Dampfross pustend und schnaubend ins kleinste Dorf, missbraucht sogar Strassen und Wege zu seinen egoistischen Zwecken und macht die engen Strassen der Städte unsicher; Druckluft und Elektrizität haben begonnen, dem Dampf Konkurrenz zu machen — sie machen ihm ja auch auf anderen Gebieten den Rang streitig — ja ihn zu besiegen!

Alles wird maschinell gearbeitet und betrieben. 1829 wurde von Heilmann die erste Stickmaschine ersonnen — heute ernähren sich ganze Volksschichten mit den durch sie erworbenen Subsistenzmitteln. Als Lamb 1867 der Industrie die Strickmaschine zur Verfügung stellte, da ahnte er wohl selber kaum, dass 30 Jahre später grosse Fabriken mit ungeheuren Sälen sich mit der Anfertigung von Waren durch dieselbe betätigen würden.

Im blutigen und für uns so unheilvollen Jahre 1798 entdeckte Senefelder das Prinzip der Lithographie, 25 Jahre später Lipmann das Öldruckverfahren. Welch tiefgreifende Umänderungen haben die beiden Erfindungen bis heute, unterstützt und gefördert durch die photographische Technik, durchgemacht! Auf welch hoher Stufe steht die Vervielfältigungskunst heute, mächtig angeregt und gehoben durch Jacobis Galvanoplastik!

Doch ich wollte ja über die Entwicklung der Naturwissenschaften referiren und wäre jetzt beinahe vom Thema abgewichen. . . . Was sind Naturwissenschaften? Wie der Name sagt, sind sie der Inbegriff all unseres Wissens, das seine Wurzeln in der Natur hat; insonderheit umfassen sie die Lehre von den Lebewesen und von den Kräften, die darin zur Geltung kommen, die Kunde von der uns umgebenden Gotteswelt im engeren, irdischen sowohl, als auch im höheren, kosmischen, universellen Sinne, m. a. W. das Studium des gesetzmässigen Zusammenhanges der Erscheinungen in derselben.

Unser XIX. Jahrhundert zeichnet sich insbesondere dadurch aus, dass es diese Kenntnisse zum Gemeingut aller, nicht bloss der Gebildeten und Gelehrten, machen will und wollte, und sie hiezu vom hohen Kothurn der Selbstherrlichkeit herabsteigen liess: Die University Extension ist ein ganz moderner Begriff, und doch hat er sich bereits vollständig eingebürgert.

Die Lehre von den Lebewesen und ihrer Entwicklung hat sich speziell unter dem Zeichen des Darwinismus mächtig entwickelt, der seinerseits durch die Errungenschaften der modernen Geologie gestützt und kontrollirt wurde. Hand in Hand mit der Chemie wurde die Physiologie und Biologie erweitert, befestigt und in sichere Bahnen geschmiegt. Als neue selbständige Wissenschaft trat die Bakteriologie auf den Plan, die innig mit den Namen Pasteur und Koch verbunden ist, von welcher besonders die Medizin für ihre Impfungen und Immunisirungen profitirt, und auf welche die Listerschen Theorien, Asepsis und Antisepsis, fussen.

Wenn ich nun alle die angeführten Wissenschaften hier durchgehen sollte, so würden wir wohl nie fertig werden; ich glaube daher, es sei besser, wenn ich mich auf zwei Gebiete konzentrire, und zwar auf die zwei modernsten allgemeinern, auf die Physik und die Chemie, jene zwei so oft ineinandergreifenden Wissenszweige, deren moderne Gestaltung durch einen gemeinsamen Namen verknüpft ist, nämlich durch den von Lavoisier, welch letzterer noch im 18. Jahrhundert der französischen Schreckensherrschaft zum Opfer fiel, dessen heller Geist aber ins 19. Jahrhundert hinüberleuchtet und die neue Ära einleitet. Seine klassischen Untersuchungen, die allerdings nicht alle sein ausschliessliches Werk sind — er hat vielen nur den Namen gegeben, ja es wird behauptet, dass er manches in der nicht gerade lautersten Weise sich „angeeignet" habe — haben dem Jahrhundert das Gepräge verliehen, und es ist begreiflich, dass ihn sowohl der Physiker, als auch der Chemiker für sich beansprucht. Überhaupt ist es heute oft recht schwer zu sagen, ob ein Gelehrter der verflossenen Aera mehr Chemiker oder mehr Physiker gewesen ist, die Begriffe gehen ineinander über, und das Grenzgebiet zwischen beiden Wissenschaften, die physikalische Chemie, wird immer grösser und umfangreicher. Was Schönbein schon 1843 besonders laut betonte, das nähere Zusammentreten, die innigere Fühlung der zwei Experimentalwissenschaften — sie ist zum teil schon erreicht oder ist doch im Begriff, sich zu bilden, und es ist deswegen der Satz, den van't Hoff von einem seiner Mitarbeiter erwähnt, entschieden richtig: Ein Chemiker, der kein Physiker ist, ist gar nichts! (Vergl. van't Hoffs Vortrag: Über die Entwicklung der exakten Naturwissenschaften im 19. Jahrhundert, pag. 558 des Jahrgangs 15 der „Naturwissenschaftl. Rundschau".) Daher ist auch die oft aufgeworfene Frage: Waren Bunsen, Gay-Lussac, Davy u. a. Physiker oder Chemiker? eine müssige und zwecklose. Mit vollem Recht nennt denn auch Ostwald die Roscoe-Bunsensche Arbeit vom Jahre 1855 über die „photochemischen Untersuchungen" geradezu „das klassische Vorbild auf dem Gebiete der physikalischen Chemie".

Aus den vorgelegten Gründen werde ich im folgenden öfters von der einen Wissenschaft in die andere übergehen müssen, und es ist demnach hin und wieder das gleiche an zwei Orten zu finden. Ich bitte deswegen hier schon um die gütige Nachsicht des Lesers.

Über die Entwicklung der Physik.

Die moderne Physik lässt sich etwa definiren als die Wissenschaft, welche die Lösung der Probleme von den Verwandlungen der

Naturkräfte oder der entsprechenden Arbeitsformen in einander sich zum Ziele setzt und ihre Wirkungen zu ergründen sucht. Zu einer solchen Wissenschaft hat sie sich im XIX. Jahrhundert eigentlich durchgerungen und ein genaueres Studium ihrer Geschichte zeigt uns klar und deutlich, dass es einige Grundgedanken sind, die ihr als Leitsterne dienen und um welche die ganze Materie sich gruppiren lässt. Diese sind schliesslich in der Zahl von dreien zu erkennen, die sich wie ein roter Faden durch die ganze Epoche hindurchziehen, resp. sich herausschälen oder als reife Frucht zu tage treten, und die sich etwa folgendermassen formuliren lassen:

Die Physik sucht die Naturvorgänge auf rein mechanische Bewegungserscheinungen und Kraftäusserungen zurückzuführen.

Die Summe der Arbeitsleistung resp. der Energie im Weltall ist konstant; die äusseren Erscheinungsformen können zwar wechseln, nicht aber die Energiemenge, oder: die totale Arbeitsmenge ist unveränderlich.

Die Arbeitsumsetzungen sind nicht verlustlos umkehrbare Erscheinungen, wenn auch die Reziprozität vieler Vorgänge erwiesen ist (Irreziprozität der Arbeitsumsetzung); Sadi Carnot hat diesen Grundsatz wie folgt ausgesprochen: Wärme kann ohne Verlust von Arbeit nicht von einem kühleren Körper zu einem wärmeren übergehen.

Dieser letztere Satz ist wol in der angegebenen Form von Carnot nicht ganz erschöpfend, und es ist auch schwer dies zu tun. Um allen Eventualitäten vorzubeugen, lasse ich hier aus dem angeführten Vortrage van't Hoffs einige Zeilen folgen:

„Der dritte wichtige Schritt wurde durch die Beantwortung der . . . Frage gemacht: Wenn die Naturäusserungen sich ineinander verwandeln können und auch das quantitative Gesetz gilt, welches die Beziehungen zwischen Verschwundenem und Entstandenem regelt, in welchem Sinne finden dann die Verwandlungen statt? Fast banal ist die Tatsache, von der bei Beantwortung dieser Fundamentalfrage ausgegangen wurde; sie besteht wesentlich darin, dass z. B. in einem Eisenstab die Wärmeverwandlung nicht so stattfinden kann, dass die eine Hälfte wärmer, die andere kälter wird, sondern dass umgekehrt eine derartige Differenz sich auszugleichen sucht. Um so bewundernswerter sind die daraus, in erster Linie von Carnot und Clausius, gezogenen Konsequenzen, die, zunächst als zweiter Hauptsatz der Wärmetheorie formulirt, allmälig im ganzen Gebiete der Physik und weit darüber hinaus sich fortentwickelnd, dem Satz von der Erhaltung der Arbeit nunmehr in Tragweite und Fruchtbarkeit zur Seite stehen.

Ich wage nicht, den Inhalt dieses Satzes scharf zu umschreiben, und begnüge mich mit der klaren, fast selbstverständlichen Form, die ihm speziell von Helmholtz gegeben wurde. Derselbe kommt dann darauf hinaus, dass eine stattfindende Verwandlung eben durch den Trieb, stattzufinden, einen, sei es kleinen Widerstand, der sich dagegen erhebt, besiegen und also Arbeit leisten kann. Die so zu tage tretende „freie Arbeit“ ist für das Stattfinden des Vorganges massgebend und lässt sich öfters im voraus berechnen.

Fundamental wie dieser Satz war, hat derselbe zum richtigen Ergebnis geführt, dass z. B. bei der Dampfmaschine — wenn diese auch in höchster Vollkommenheit ausgeführt ist — doch nur ein kleiner Teil der dem Kessel mitgeteilten Wärme in Arbeit verwandelt werden kann, und zwar unter den gewöhnlich obwaltenden Umständen etwa 20 %, während die übrigen 80 % wieder als Wärme frei werden . . .“

Es liegt nun aber ausserhalb des Rahmens dieser Arbeit, die mathematischen Ableitungen der Gesetze, resp. die Geschichte derselben zu behandeln — auch hier gelangen wir wieder in ein Grenzgebiet, und zwar gegen die Mathematik hin — und ich begnüge mich mit der Nennung der allerwichtigsten einschlagenden Abhandlungen, das übrige wird in mehr oder weniger streng durchgeführter chronologischer Anordnung weiter unten folgen.

Den ersten Anstoss zur modernen Forschung der Verwandtschaft der Kräfte und der Energiearten unter einander gaben die „Eléments de statique“ von Poinsot, die 1804 erschienen, und in denen die Theorie des Kräftepaares mit grosser Sorgfalt dargestellt war; 1834 folgten des nämlichen Verfassers „Théorie nouvelle de la Rotation des corps“, worin ausdrücklich von der Erhaltung der Energie die Rede ist und im besondern die Drehungsmomente von Systemen beleuchtet werden. Poissons „Traité de mécanique“ und Poncelets „Cours de mécanique“ förderten mächtig das nämliche Prinzip, die Gleichung von Poisson-Laplace legte den theoretischen Grund und die Theorie der Anziehung und Abstossung von Gauss half hiezu getreulich mit. Von der „mechanischen Wärmetheorie“ von Clausius und Joule, von der „kinetischen Gastheorie“ von Kröning-Clausius-Maxwell wird später im Zusammenhang die Rede sein.

Die Elektrizität, die gegenwärtige Herrscherin in der Praxis der Technik, ist in der anwendbaren Form ein Kind des verflossenen Jahrhunderts, wenn auch ihre Anfänge weit zurück ins Altertum gehen („Elektron“) und die erste Maschine für die Erzeugung von Reibungselektrizität von dem bekannten Magdeburger Bürgermeister Otto von

Guericke herrührt. Allein das war eine unbrauchbare Spielerei, und erst der galvanische Strom brachte praktisch verwendbare Elektrizität. Das berühmte Froschschenkelexperiment Galvanis wurde zwar 1791 angestellt, und Voltas Säule noch im Jahre 1799/1800 konstruirt, aber die Anwendungen der neuen Kraft gehören ausschliesslich dem geschiedenen Saeculum an. Schon bald, nachdem Volta seine Untersuchungen veröffentlicht hatte, wurden seine Elemente zu elektrochemischen Zwecken benutzt: Carlisle und Nicholson zersetzten mit ihrer Hülfe das Wasser (1800) und Davy (1808) die Alkalihydroxyde; er entdeckte dabei die Elemente Kalium und Natrium.

Durch Zufall konstatirte Oersted 1820 die Ablenkung der Magnetnadel durch den elektrischen Strom und leitete aus seinen Versuchen den bekannten Satz, die Oerstedsche Regel, ab, die von Ampère in die leicht zu behaltende Form gefasst wurde: Denkt man sich in der Richtung des positiven Stromes schwimmend, kopfvoran, das Gesicht der Nadel zugewendet, so wird der Nordpol derselben nach links abgelenkt. Damit war die Grundlage für das Studium der Wechselwirkung von Strömen und Magneten gelegt und die erste Vorarbeit für die Theorien der magnetelektrischen Erscheinungen gemacht, die durch die Konstruktion des Elektromagnetes von Arago und Seebeck (1820) einen gewaltigen Schritt vorwärts taten.

Bedenken wir, welche grossartigen technischen Verkehrs- und Hülfsmittel für die Kultur durch diesen Fundamentalapparat geschaffen worden sind, so wird uns jedenfalls das Jahr 1820 als eines der wichtigsten in der Geschichte der Naturwissenschaften erscheinen, denn Telegraphie, Telephonie, elektrische Kraftübertragung und Lokomotive stützen sich doch in allererster Linie auf das Vorhandensein von Magneten resp. Elektromagneten. Dazu fällt noch ins gleiche Jahr das Erkennen des Multiplikationsprinzipes durch Schweigger, das in den Galvanometern und sonstigen Messapparaten die ausgedehnteste Anwendung gefunden hat. Poggendorff hat 1821 den ersten derartigen Apparat gebaut.

Das nämliche Jahr 1821 brachte uns die Thermoelektrizität Seebecks, die zwar als Quelle für Elektrizität keine Rolle spielt, wie man anfangs hoffen mochte, wohl aber für Messzwecke unentbehrlich geworden ist (Thermosäule), und die durch Erwärmen der einen Lötstelle zweier leitend mit einander verbundener Metalle entsteht.

Noch fruchtbarer war das Jahr 1826, in welchem Ampère die Theorie der elektrischen Fluida stürzte und die Koinzidenz von Elekzität und Magnetismus einerseits, sowie anderseits die wechselseitige Ein-

wirkung von Strömen aufeinander klarlegte. Er wies nach, dass die Solenoide, d. h. von Strömen durchflossene Drahtspiralen genau in der nämlichen Weise einander anziehen und abstossen, wie zwei freihängende Magnete oder wie ein Solenoid und ein Magnet. Damit lassen sich mühelos sämtliche magnetischen Erscheinungen erklären.

Die Grundlage für alle elektrotechnischen Berechnungen bildet bekanntlich das Ohmsche Gesetz, das 1827 formulirt worden ist, und das lautet: Die Stärke eines Stromes steht im direkten Verhältnis mit der elektromotorischen Kraft (Spannung) und im umgekehrten mit dem Widerstand, m. a. W. durch geeignete Veränderung von Widerstand und Stromstärke kann die Spannung verändert werden und umgekehrt.

Durch die Entdeckung der Induktion von Faraday (1831), d. h. der Einwirkung von stromführenden Leitern auf stromlose, ist der Grund zur Dynamomaschine, der Beherrscherin der heutigen Technik, gelegt worden. Die vier Hauptgesetze der Induktion lauten:

1. Ein Induktionsstrom entsteht in einem Leiter, wenn man in des letzteren Nähe einen Strom schliesst. Die Richtung des ersteren ist der des letzteren entgegengesetzt.

2. Beim Öffnen im ersten (Primär) Kreis entsteht im zweiten (Sekundär) Kreis ein Strom von gleicher Richtung. Die Dauer der Induktionsströme ist unendlich kurz.

3. Beim Annähern eines Stromes an einen stromlosen Leiter entsteht in diesem ein Induktionsstrom im entgegengesetzten Sinne.

4. Beim Entfernen ist die Stromrichtung die nämliche.

Hierauf stützt sich wiederum das Lenz'sche Gesetz (1834), das lehrt, dass beim Bewegen eines stromlosen Leiters gegenüber einem stromdurchflossenen im ersteren immer Induktionsströme von einer solchen Richtung entstehen, dass die durch sie erzeugten elektromagnetischen Anziehungs- (Abstossungs-) Kräfte auf die Bewegung hemmend einwirken (Foucaultströme, Bremsvorrichtung an Galvanometern).

Die Basis für die weltteilverknüpfende Telegraphie wurde 1833 durch den Nadeltelegraphen gelegt, durch welchen die zwei Göttinger Gelehrten Gauss und Weber die Sternwarte und das physikalische Institut genannter Universität miteinander verbanden. Das Prinzip der Zeichengebung lag in der verschiedenartigen und verschieden starken Ablenkung der Magnetnadel durch den Strom. Es sei hier erwähnt, dass bereits 1808 Sömmering den Vorschlag gemacht hatte, die Zersetzung des Wassers zum Telegraphiren zu benutzen in dem Sinne, dass die zwei Stationen durch 25 Paare von isolirten Drähten (den Buchstaben

des Alphabetes entsprechend) miteinander verbunden werden sollten. Praktische Verwertung hat der Vorschlag nie gefunden.

Auf dem Gauss-Weberschen Grundsatz fussend, konstruirten gleichzeitig Steinheil und Wheastone 1837 den Zeigertelegraphen, bei welchem durch stärkere oder schwächere Stromwirkung die Magnetnadel (der Zeiger) jeweilen auf einem bestimmten Buchstaben — die uhrartig auf einem Zifferblatte angebracht waren — fixirt wurde. Ist auch ihre Einrichtung heute nicht mehr im Gebrauche, so haben die zwei Forscher doch durch Einführung der Erdleitung (die Erde ersetzt den einen Draht und führt den Strom zur Batterie zurück) einen mächtigen Fortschritt erzielt. [1])

Der heutige Schreibtelegraph Morses stammt aus dem Jahre 1835/1844. Er fusst, wie bekannt, auf dem Elektromagnetismus. Der Schreibstift resp. das Farbröllchen am Anker eines Elektromagneten bringt, durch kürzeren oder längeren Stromschluss angezogen, auf einer laufenden Papierrolle Punkte und Striche hervor, aus denen das Morse-Alphabet zusammengesetzt ist. Auf grossen Linien sind heute die Hugheschen Typendrucktelegraphen in Tätigkeit, die das Telegramm in Schreibmaschinenschrift selber drucken und dadurch das Abschreiben desselben entbehrlich machen. Sie wurden 1859 zum erstenmal probirt.

Eine der grossartigsten Errungenschaften des Menschengeistes brachte 1858 die Legung des ersten transatlantischen Kabels, des „länderverbindenden, meerüberwindenden“ Drahtes, wodurch sich die Menschen aller Zonen nähergerückt und die Entfernungen gleichsam annullirt worden sind.

Die „Schwachstromtechnik“ machte aber unterdessen auch auf einem anderen Gebiete Fortschritte: 1838 hatte nämlich Jacobi in Petersburg die Galvanoplastik erfunden. Metallsalze werden durch den Strom, wie allgemein bekannt sein dürfte, so zerlegt, dass an der Einführstelle des negativen Pols (Elektrode) das reine Metall niedergeschlagen wird. Darauf beruht das Überziehen von Metallwaren mit edlen Metallen (Vergolden, Versilbern, Vernickeln), das Nachbilden von Gegenständen (galvanische Abdrücke von Münzen u. dgl.), sowie die Reinabscheidung von Metallen (Aluminium, Kupfer, Silber u. s. w.).

Die bislang gebrauchten „galvanischen Elemente“ hatten an bedenklicher Inkonstanz gelitten (Polarisation). 1836 aber schenkte Daniell

[1]) Interessant ist die Tatsache, das schon 1832/38 Gauss bei Anlass der Besprechung des Wesens des Erdmagnetismus („Intensitas vis magneticae terrestris ad mensuram absolutam revocata“) zum erstenmale absolute Einheiten für sein Masssystem anwandte.

der Wissenschaft seine unpolarisirbare, konstante Kette und brach damit einer Anschauung Bahn, die vorbildlich geworden ist für die Konstruktion anderer konstanter Elemente (Meidinger, Leclanché, Bunsen etc.).

Hand in Hand mit der praktischen Verwendung schwacher Ströme entwickelte sich die „Starkstromtechnik", wenn auch langsamer, zögernder und vorsichtiger, aber nicht weniger zielbewusst. Ich will hier von der Reibungselektrizität absehen, die 1865 einen grossen Triumph durch die Konstruktion der Holtzschen Influenzelektrisirmaschine feierte, welche die Grundlage für viele andere geworden ist, sondern mich beschränken auf die Stromerzeugung. Der erste einschlägige Versuch stammt von Stöhrer, der 1844 eine magnetelektrische Maschine mit sinnreich ausgedachtem Stromwender (Kommutator) baute. Sein Prinzip konnte sich aber nicht halten und wurde in dem Siemensschen Dynamo, 1866, durch Anwendung von Elektromagneten in seine noch jetzt gültige vorbildliche Form gebracht. Hefner-Altenek (1872) Gramme (1871) (schon vorher, wenigstens theoretisch, Pacinotti) vervollkommneten die Maschinen; 1873 löste Siemens das Problem der Rückwärtsverwandlung von Elektrizität in Arbeit, d. h. er baute den ersten Elektromotor; ihm schloss sich ein ganzes Heer moderner Techniker an, die alle mit Eifer, aber verschiedenem Erfolg das Problem der elektrischen Kraftübertragung bearbeiteten; hiebei spielt eine besondere Rolle die Einführung der Phasen- oder Drehströme (Ferraris, Tesla 1888), auf deren Wesen hier nicht eingegangen werden kann, [1]) sowie der Transformatoren oder Spannungsumwandler, die auf dem Grund des 1851 zuerst benutzten Rumkorffschen Funkeninduktors stehen, der ja auch die wunderbare Entdeckung Röntgens, die Photographie und Sichtbarmachung des Unsichtbaren, mittelst Geisslerschen und Crookeschen Röhren ermöglicht hat. Nur hochgespannte Ströme können auf grössere Entfernungen ohne allzu fühlbare Verluste übertragen werden, und es ist daher eine Hauptaufgabe der Elektrotechnik, die Ströme recht hoch zu spannen (Tesla). Dass die Eisenbahnen elektrisch betrieben werden, sogar Vollbahnen (Burgdorf-Thun), wurde schon erwähnt. Der

[1]) Wir wollen nicht vergessen, die Gesetze noch zu erwähnen, die für die Konstruktion der Drehstromgeneratoren als geradezu fundamental bezeichnet werden müssen, nämlich die Kirchhoffschen Sätze, die lauten:

Teilt sich ein Leitungsdraht in einem beliebigen Punkt in einzelne Zweige, so ergibt sich für die Verteilung des Stromes

1. Die Zweigströme sind zusammen so stark wie der Hauptstrom,

2. Bilden die Zweige eine geschlossene Figur, so ist die Summe der Produkte aus ihren Stromstärken in die zugehörigen Widerstände gleich der Summa aller im Stromkreis vorhandenen elektromotorischen Kräfte.

erste Versuch stammt wiederum von Siemens, der 1879 die Züge der Verbindungsbahn der Berliner Gewerbeausstellung mit einer elektrischen Lokomotive bespannte.

Eine schwierige Aufgabe besteht im Isoliren von Strömen, d. h. in der wirksamen Absperrung derselben von der Erde. Wohl keine der Legion gewordenen Isolirmittel haben derartig einschneidende Wirkungen hervorgebracht, wie Guttapercha und Kautschuk, welche, 1847 aus den Tropen importirt, zu eigentlich unübertrefflichen Hülfsprodukten für den genannten Zweck geworden sind.

Es wurde oben erwähnt, welche Bedeutung heute die Dynamomaschine erlangt hat, sowohl als Motor, wie auch als Quelle für die Beleuchtung. Letztere wird als Bogenlicht (Siemens, Jablochkow u. a.) mit verbrennenden Kohlenspitzen in Luft und als Glühlicht konstruirt. Dieses wird hervorgebracht durch das Glimmen von Kohlenfaden in stark luftverdünnten Glasgefässen. Sie kamen 1845 auf und werden seit 1859 in immer besserer Qualität geliefert, seit die Evakuirung der Glasbirnen mittelst der Quinckeschen (jetzt meist der Geisslerschen) Quecksilberluftpumpe geschieht. Die Dynamos aber werden in Bewegung gesetzt durch Turbinen, auf deren Axe sie direkt gekuppelt werden. Das erste Exemplar ist 1824 von Burdin konstruirt worden. Vorher kannte man nur senkrecht stehende Wasserräder als Motoren.

Die Verwendung schwacher Ströme zum Zwecke des mündlichen Verkehrs in der Telephonie durch Johann Philipp Reis geschah erstmals im Jahre 1861. Doch konnten durch seine Vorrichtung nur Töne übertragen werden. Erst 1877 gelang es Graham Bell durch Benutzung von Induktionsströmen und eines Stahlmagneten ein brauchbares Sprechtelephon zu konstruiren, das heute noch als Hörrohr gebraucht wird, während als Aufnahmeapparat das Hughesche Mikrophon (1878) benutzt zu werden pflegt, das schon auf ganz schwache Töne reagirt. Das Problem der Wiedergabe der menschlichen Stimme in ihrer Tonhöhe und Klangfarbe, resp. die „Aufbewahrung und Wiederholung wirklich gehaltener Reden“ wurde durch Thomas Edison 1877/85 durch die Schaffung des Phonographen gelöst, der bereits eine grosse Rolle im kaufmännischen Verkehr der neuen Welt spielt, und welcher Apparat wohl in der Zukunft noch viel mehr zu Ehren gezogen werden wird.

Wenden wir uns jetzt den andern Zweigen der Physik zu, so sind auch hier überall wichtige Errungenschaften zu registriren. Ich erinnere bloss an die Dezimalwage resp. Brückenwage von Quintenz (1821),

an das Aneroidbarometer von Vidi und Bourdon (1847/58), mit dessen Hülfe die Höhenbestimmungen der Berge durchgeführt wurden und noch werden, an die Entdeckung der Diosmose und ihrer Gesetze durch Dutrochet (1822). Letztere Erscheinung erwies sich als besonders fruchtbar. Nachdem 1859 Gairand ihr Wesen genauer studirt und auch die Verhältnisse bei den Gasen erforscht hatte, wies Graham 1861 nach, dass ein Gleichgewichtzustand osmotisirender Substanzen nur dann eintreten kann, wenn die Lösungen sich in ihrer chemischen Zusammensetzung nicht derart verändern, dass etwa unkrystallisirbare Stoffe entstehen, d. h. er zeigte, dass nur Krystalloide durch eine tierische und pflanzliche Membran hindurchgehen, die Kolloide, die nicht krystallisiren können, aber zurückbleiben. Hierauf gründete er die Dialyse, d. h. die quantitative Trennung kolloider und krystalloider Körper durch Diffusion resp. Diosmose, eine Reaktion, die für die Chemie äusserst wertvoll geworden ist. Welch wichtige Rolle diese Erscheinung für den Säftetransport im Pflanzenleib spielt, liegt auf der Hand: auch die Physiologie der Vegetabilien musste davon profitiren.

Es sei ferner — auf alle die unendlich vielen neuen Tatsachen kann natürlich nicht eingegangen werden — an den klassischen Pendelversuch erinnert, den Leon Foucault 1851 im Pantheon in Paris anstellte, mit dem er die Drehung der Erde um ihre Axe nachwies und damit gleichzeitig den Beweis erbrachte, dass die Schwingungsebene des Pendels stets unverändert bleibt.

Die Erforschung der Schalllehre oder der akustischen Vorgänge, wie die Bestimmung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit durch Arago, Mathieu, Alexander von Humboldt, Gay-Lussac, Bouvard, durch Regnault, König, Biot, Colladon und Sturm u. v. a., der Reflexionsgesetze des Schalls durch Sondhaus, der Tonhöhe durch Savart, Cagniard de la Tour, Seebeck, der Klangfiguren durch Kirchhoff, Lissajou, Tyndall, König, Helmholtz, Hopkins, der Partial- und Interferenztöne durch Helmholtz, sind wohl allgemein bekannte Tatsachen, ebenso auch die Theorie der Tonschwebungen von Scheibler und ihre praktische Verwendbarkeit zum Stimmen. Exakte experimentelle Bestimmungen und Verifikationen des Dopplerschen Gesetzes führten zu analogen Beobachtungen in der Optik. Das Gesetz lautet: Beim Annähern einer Tonquelle gegen das Ohr des Beobachters steigt die Tonhöhe, beim Entfernen aber sinkt sie entsprechend; es lässt sich auch auf die Farbenwahrnehmung ausdehnen. Um die Erforschung der Tonbildung und -Empfindung machten sich hoch

verdient die Physiker Helmholtz, Savarat und Despretz, sowie der Anatom Kölliker und J. Müller.

Mit den Fortschritten der Wärmelehre ist der Name Gay-Lussac untrennbar verknüpft. Sein Gesetz vom Jahre 1802, wonach sich alle Gase bei Erhöhung der Temperatur um einen Grad um 1/273 ihres Volumens ausdehnen, ist zum Fundament für die Ansichten vom absoluten Nullpunkt, von der Molekulargrösse der Gase, sowie der Clausius-Maxwellschen Theorien geworden.[1])

Dulong und Petit (1818) und ihre Schüler bestimmten aufs genaueste die spezifische Wärme der Körper, d. h. die Wärmemenge, die nötig ist, um gleiche Mengen verschiedener Körper auf die gleiche Temperatur zu bringen. Besonders gut brauchbar für diesen Zweck erwies sich in der Folge das Eiskalorimeter von Bunsen (1870), mit dessen Hülfe der Erfinder selber das Atomgewicht des Indiums festlegte und ihm damit den Platz im natürlichen System anwies.

Für die Bestimmung höherer Temperaturen baute Bréguet (1817) einen Metallbarometer in Form einer Spiralfeder aus verschiedenen Metallen, Regnault und Magnus (1842) das Luftpyrometer.

Im verflossenen Jahrhundert hat die Verflüssigung der Gase — resp. das Prinzip derselben — viele tüchtige Forscher beschäftigt und in dem Lindeschen Apparat zur Verflüssigung der Luft 1897 einen vorläufigen Abschluss gefunden. Auf der Überlegung fussend, dass Druck die Gase in den kondensirteren Aggregatszustand überführen könnte, versuchte 1826 Colladon in Genf mit 400 Atmosphären die Frage für alle Gase zu lösen, ohne aber den geringsten Erfolg bei den „permanenten“ zu erzielen, ebensowenig wie der Österreicher Natterer 1844 mit 3000 Atmosphären. Erst als 1869 der Engländer Andrews nachwies, dass für jedes Gas eine kritische Temperatur existirt, oberhalb welcher dasselbe auch beim gewaltigsten Druck unverändert bleibt, gelang es 1877 unserem Landsmann Raoul Pictet, sowie dem Franzosen Cailletet auch die „permanentesten“ Gase Sauerstoff, Stickstoff, Wasserstoff und Luft zu verflüssigen. Wroblewsky, Olzewsky, Dewar u. a. arbeiteten auf dem betretenen Weg rüstig weiter und konnten sogar die feste Form der genannten Gasarten herstellen. Es scheint nun, dass der flüssigen Luft eine grosse Zukunft bevorsteht, wie die Sprengarbeiten am Simplon, sowie die Anwendungen durch Tripler in New York zeigen; auch ist sie der billigste Sauerstofflieferant geworden.

---

[1]) Gay-Lussac hat übrigens noch viele andere wichtige Erfolge erzielt, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann.

Hand in Hand mit den Versuchen der Verflüssigung gasförmiger Körper gingen solche für die künstliche Bereitung von Eis (Carré, Windhausen), sowie Untersuchungen über die Verdunstungserscheinungen. 1801 publizirte Dalton das eigentümliche Sättigungsgesetz, wonach die Sättigungskapazität eines Raumes für irgend einen Dampf unabhängig ist von der Anwesenheit eines andern im gleichen Raum sich befindlichen Gases, sowie von der Natur desselben. Zur Feststellung des Feuchtigkeitsgehaltes der Luft dient das Daniellsche Äther- oder Taupunkthygrometer (1820), das Psychrometer von August (1828), sowie das Hygrometer von Bunsen (1830). Dadurch wurde eine neue Wissenschaft, die Meteorologie, begründet, die zwar auch heute noch ganz in den Windeln liegt, aber doch schon häufig als Hülfswissenschaft gute Dienste geleistet hat.

Als Motoren traten zu den Dampfmaschinen: 1860 die Gasmaschine von Lenoir (Explosion eines Gasluftgemisches als Triebkraft) und die atmosphärische Gasmaschine von Otto und Langen (1865), denen sich eine ganze Schar neuerer Konstruktionen anschliesst, sowie auch Heissluftmaschinen, gebaut von verschiedenen Technikern. Alle diese Kraftquellen werden, besonders vom Kleingewerbe, überall mit Vorteil verwendet.

Eine theoretisch geradezu grundlegende Tatsache brachte das Jahr 1800 durch die Entdeckung der „dunkeln Lichtstrahlen", d. h. vom Vorhandensein einer dunkeln, aber thermisch wirksamen Zone ausserhalb der Enden des leuchtenden Spektrums. Diese Wärmeerscheinungen sind verursacht durch Wärmestrahlen, die sich ganz entsprechend wie die des Lichtes verhalten und ganz analog gebrochen, reflektirt, interferirt, absorbirt werden. Damit war ein Fundamentalzusammenhang zweier Kräfte nachgewiesen. Man suchte nun überall nach Analogien, die sich auch fanden, wie später gezeigt werden wird.

In der Optik wurde der Streit zwischen den Anhängern Newtons, den Jüngern der Emmanationstheorie und den Parteigängern Young-Fresnels, den Freunden der Undulationshypothese zu gunsten der letzteren entschieden und das Licht als Transversalschwingungen des Äthers erklärt (1801). Eine eigentümliche Eigenschaft des Lichtes, schon früher durch Huyghens entdeckt, wurde 1808 von Malus wahrgenommen, nämlich die Polarisation durch Reflexion, welcher Entdeckung 1869 diejenige der Doppelbrechung durch Bartholinus-Huyghens folgte, Erscheinungen, die wie die Interferenz, in einer Reihe von Apparaten praktische Verwendung gefunden haben, wie z. B. in den Polaristrobometern,

die als Saccharimeter zur quantitativen Bestimmung von Zucker in Lösungen dienen. Als Konstrukteur sinnreicher und zweckmässiger Apparate ist Fraunhofer zu nennen, zu dessen Ehren die bekannten schwarzen Linien im Sonnenspektrum benannt worden sind. Über die Spektralerscheinungen selbst werde ich im zweiten Teile einiges bringen.

Die Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit, die schon Olaf Römer 1675, dann Bradley 1728 zu ergründen versucht hatten, trat in ein ganz neues Stadium durch die theoretische Methode von Fizeau und Foucault (1849), die in neuester Zeit durch Cornu (1874) und Newcomb (1882) einer genauen Verifikation unterzogen worden ist.

Endlich seien noch die Grundzüge der Geschichte eines besonderen Zweiges der Optik erwähnt, welcher, in Verbindung mit der Chemie, geradezu Staunenswertes hervorgebracht hat, nämlich der Photographie, die, unterstützt durch sinnreiche Reproduktionsverfahren (Heliogravüre, Collogravüre, Zinkotypie u. s. w.), heute zum Allgemeingut geworden ist.

Die ersten grundlegenden Versuche wurden 1802 von Wedgewood und Davy angestelllt. Sie legten flache Gegenstände auf Chlorsilberpapier und erhielten so Bilder derselben, nachdem sie sie dem Lichte ausgesetzt hatten. Auf einen ganz anderen Boden brachte Nicéphore Niepce die Lichtbildekunst durch Anwendung der Camera obscura (1827). 1833 ersetzte Daguerre das Chlorsilber durch mit Joddämpfen behandelte Silberplatten und erzeugte auf diese Weise seine bekannten Daguerreotypien. Talbot arbeitete mit zubereiteten Glastafeln, führte 1842 das Jodsilberpapier für das Positivbild ein und erzielte damit schöne Erfolge; im gleichen Jahre präparirte Niepce die Jodsilberplatte mit Eiweiss, d. h. er wandte mit den Silbersalzen zusammen einen organischen Körper an. Legray ersetzte das Eiweiss durch Kollodium, später durch Gelatine und stellte dadurch die heutige Photographie im Prinzip fertig. Alles andere, wie Trockenplatten, Trockenpapiere etc. können als technische Details hier beiseite gelassen werden. Heute begnügen wir uns mit den einfarbigen Bildern bekanntlich nicht mehr, sondern es wird eifrig an der Farbenphotographie gearbeitet (Wilner, Lippmann, Neuhaus, Lumière, Selle).

(Schluss folgt.)