

ERFINDUNGEN UND ENTWICKLUNGEN

Kommunikation ist eines der wichtigsten Bedürfnisse unseres Lebens. Information zur rechten Zeit kann über Leben oder Tod entscheiden. Seit Urzeiten existiert der Wunsch, Botschaften möglichst rasch über grosse Distanzen weiterzugeben. Die «drahtlose Telegrafie» existiert lange vor der drahtgebundenen. Beispiele dafür sind Schallzeichen (Tam-Tam der Afrikaner etc.) sowie Rauch- und Feuerzeichen. Wie bei der Einnahme von Troja ist meist nur ein vereinbartes Signal möglich (**Aeschylos** erzählt im **Agamemnon** darüber).

480 v.Chr. berichtet der Geschichtsschreiber **Herodot**, dass die **Griechen** Nachrichten mittels «**Fackeltelegrafie**» übertragen. 450 v.Chr. sind diese in der Lage, mit nur zwei Fackeln alle bekannten Buchstaben zu signalisieren (**Kleoxenes und Demokritos**). Danach vergehen 2000 Jahre, bis unsere Kultur in dieser Hinsicht Fortschritte verzeichnen kann! Immerhin verwenden die **Altrömer** gemäss Julius **Africanus** [111] 24 verschiedene Flammen- und Rauchzeichen. Sie geben diese Signale aus einem Turm mit Fenstern. **Hannibal** legt in Afrika und in Spanien Telegrafentürme, sog. **Pyrseten**, an. Zu Zeiten des Darius **Hystaspes** übermitteln die **Perser** Botschaften mit menschlicher Stimme. Sie überwinden damit an einem Tag Entfernungen von 30 Tagesreisen. Im späten Mittelalter funktioniert die **Licht-Telegrafie** zur Kommunikation über weite Distanzen. Ab der frühen Neuzeit dauert es allerdings nur wenige Generationen, um von den ersten Voraussagen, Entdeckungen und Versuchen zu verblüffenden und praktischen Lösungen mittels Elektrizität zu gelangen. Diese Geschichte zu verfolgen ist äusserst spannend. Sie ruft Staunen hervor, mit welchen einfachen Mitteln grosse Leistungen entstanden. Allerdings ermöglichen erst Patente, die den Erfinder vor Nachahmung schützen, eine wirtschaftliche Nutzung von Erfindungen und erlauben den Einsatz von Risikokapital. Letztlich ist es nur auf diese Art möglich, die immer komplexeren Probleme zu meistern.

Patente

Patenturkunden sind nationale Rechtspapiere, die den Erfinder vor gewerblicher Nutzung seiner Erfindung durch andere im entsprechenden Land schützen, jedoch nicht vor dem Nachbau zum Eigenbedarf. Sie beziehen sich auf die gewerbliche Herstellung und den Verkauf. Der Patentschutz bleibt je nach Landesgesetz 12-20 Jahre erhalten, sofern man die Jahresgebühren bezahlt. Nur wenige Länder prüfen, ob die Entwicklungen einen Sinn haben. Sogar Verletzungen von anderen Patenten sind nicht immer ausgeschlossen. Bei Entdeckung einer Verletzung kann der Inhaber der Patentrechte absichtlichen und irrtümlichen Missbrauch unterbinden lassen. Der Erfinder meldet im allgemeinen Patente in jenen Staaten an, in denen er Konkurrenz ausschliessen möchte. Zwischen Anmeldung und Erteilung verstreichen oft viele Monate, doch für den Schutz des Patents gilt das Anmeldedatum.

Die Patenterteilung für das gleiche **Patent** erfolgt in verschiedenen Staaten zu anderen Zeiten. Darum ist für die zeitliche Bestimmung einer Erfindung das Erstanmeldedatum im Land der **Priorität** wichtig. Patentanmeldungen und Patente sind öffentlich und von jedermann einseh- und kopierbar. Jedes Patentamt hält dazu einen Lesesaal zur Verfügung.

1421 erhält im späteren Italien Filippo **Branelleschi** für eine Methode zum Transport schwerer Ladungen auf dem Fluss Arno

eines der ersten Patente. 1449 bekommt in England **John of Utynam** für ein Verfahren zur Herstellung gefärbten Glases eine Patenturkunde. Der **Erfinderschutz** erscheint 1790 [136] in der Verfassung der USA und 1791 in einem französischen Gesetz. Daran knüpfen die Patentgesetze des 19. Jahrhunderts. 1852 erfolgt in Grossbritannien die Revision des Patentwesens, nachdem 1839 zusätzlich ein Schutz von Entwürfen (Designs Registry) vorgesehen war. Die öffentliche **Science Reference Library** in London hält heute dem Besucher mehr als 22 Millionen Patente aus 38 Ländern offen. Die britischen Patente sind seit 1617 - dem Beginn der Veröffentlichung jedes Patentes in GB - vollständig vorhanden. 1877 errichtet Deutschland das **Reichspatentamt**, 1888 entsteht das **Amt für geistiges Eigentum** in Bern und 1899 das Patentamt in Österreich. Davor bestehen jeweils ähnliche Vorgänger-Organisationen. Heute lassen sich 32 Länder durch die **Patent Co-operation Treaty** in Genf gemeinsam abdecken (**Weltpatentregelung**, 1913). Die **Inpadoc** in Wien arbeitet in Form einer halbstaatlichen Organisation als Informationszentrum für Patentbüros der ganzen Welt.

Erfolg und Misserfolg

Nicht zu vergessen ist, dass es immer mehr unbrauchbare Erfindungen und nicht realisierbare Ideen als Entdeckungen und Erfindungen von Nutzen gab. Nur für einen geringen Teil der unbrauchbaren oder rasch überholten Erfindungen erfolgt eine Patentanmeldung. Trotzdem ist nur ein Bruchteil von Patentanmeldungen oder Patenten in eine verbreitete Anwendung übergegangen. Gegenüber diesen erfolgreichen Erfindungen sind «Schlüsselerfindungen» wieder eine Seltenheit. Unabhängig von den Patenten gibt es verschiedene Klassen von «Forschern» zu unterscheiden. Es sind dies: Visionäre bzw. Utopisten, Entdecker von Zusammenhängen, Theoretiker - die Naturgesetze wissenschaftlich erklären - und Erfinder von konkreten Apparaten und Verbesserungen. Erst letztere können ihre Erkenntnisse patentieren. Seit mehr als hundert Jahren besteht der Unterschied zwischen (Grundlagen-) Forschung und Entwicklung. Die Utopisten haben oft den Erfindergeist geweckt. Was der Mensch einmal ausdenkt, realisiert er häufig - meist viel später, sonst wäre der Gedanke keine Utopie. Jules **Verne**, (Nantes 1828-1905 Amiens) stellt in vielen Büchern utopische Techniken vor. Er gilt als Begründer des utopischen technischen Abenteuer- und Entdeckerromans [133], heute **Science-fiction** genannt. E. **Bellamy** beschreibt 1888 im Roman **Looking backward** (Ein Rückblick aus dem Jahr 2000), wie Glückseligkeit entsteht, wenn man sich Musik - vollkommen in ihrer Art, unbeschränkt in ihrer Dauer und jeder Stimmung angepasst - ins Haus senden lassen kann [118]. Der Zyniker Aldous **Huxley** (England 1894-1963 Hollywood) weist in **Brave new world** 1932 (deutsch 1932 Welt wohin?; Schöne neue Welt 1953) auf die Gefahren der Technik hin. Dies sind lediglich die bekanntesten von vielen Autoren. Die sich wandelnde Einstellung zur Technik ist früh erkennbar: Erst Wunschenken, Zufriedenheit, dann Bewusstsein der Gefahr (Angst und Misstrauen).

Fiat Lux (Es werde Licht)

Über unbrauchbare oder rasch überholte Erfindungen ist normalerweise wenig zu erfahren. Und doch: In jedem Land halten sich «Lokalmatadore», d.h. man zählt Erfinder auf, die

wie viele andere an einer Sache gearbeitet haben, aus verschiedenen Gründen jedoch nicht zum Erfolg kamen. So führt **Brockhaus** etwa Heinrich J. **Goebel**, Mechaniker (Springe bei Hannover 1818-1893 New York), als einzigen Erfinder der Glühlampe (mit Glühfaden aus verkohlter Bambusfaser, 1854 in New York), obwohl er wie einige andere vor und nach ihm mit seinen Licht-Experimenten nur geringen Erfolg erzielte. *«Er hat somit das Grundprinzip für Vakuumröhren aufgezeigt»*, heisst es in [83021]. Aus einem längeren Artikel für die Hitler-Jugend in **Funk**, Heft 4, 1938, heisst es über Goebel: *«Wenn man das typische Beispiel eines deutschen Erfinders sucht, sollte man immer an Heinrich Goebel denken. Ein Mann, der sich eine Idee in den Kopf setzte, die seiner Zeit weit voraus eilte, der diese Idee mit Leidenschaft und einer Beharrlichkeit ohnegleichen verfolgte, und der mit dem denkbar geringsten Aufwand an Mitteln und nur auf sich selbst angewiesen an der Verwirklichung dieser Idee arbeitete und sie mit einer fast intuitiven Sicherheit meisterte. Und als er seine Arbeit von Erfolg gekrönt sah, war er zufrieden und es kam ihm nicht in den Sinn, seine Erfindung mit grossem Lärm anzupreisen und Kapital aus ihr zu schlagen, wie es sein grosser Konkurrent tat...»* Das Umgekehrte war der Fall: **Goebel** fährt mit beleuchteter Kutsche durch die Stadt und nennt dies seine eigene Erfindung, obwohl **King** seine Glühlampe neun Jahre vorher patentiert hat. **Funk** [653804] nennt eine Brenndauer von 4000 Stunden; heute sind 1000 Stunden ein Durchschnitt. **Goebel** versieht (diese Stelle ist wohl korrekt) leere Eau de Cologne-Flaschen mit einem verkohlten Bambusfaden. Dieses Gebilde verbindet er mit einem langen Barometerstab und füllt beides mit Quecksilber. Nach dem Umkehren entsteht in der Flasche ein Vakuum und er kann darauf die Flasche wegschmelzen. Um 1710 beschreibt F. **Hauksbee** (1670-1713) ausführlich die Leuchtwirkungen im Vakuum. **Winkler** versucht 1744, beleuchtete Buchstaben herzustellen, was ein Vierteljahrhundert später G.B. **Beccaria** (1716-1781) gelingt. 1836 erscheint im **Courier belge** ein Vorschlag, Leiter im Vakuum durch galvanischen Strom zum Glühen zu bringen - 1838 versucht dies **Jobart** in Brüssel mit Kohlestäbchen. Wahrscheinlich sind es A. **King** in London und J.W. **Starr** in Cincinnati (1844/45) sowie **Staite** und **Greener** (1846), die erstmals Kohlefaden-Lampen bauen. **King** lässt seine elektrische Glühlampe 1845 patentieren. Es folgen u.a. **Moleyns** und 1874 der Russe A.N. **Lodygin** (1847-1923) mit Erfindungen von **Glühlampen**. Die modernen **Metallfaden-Lampen** haben ihren Ursprung noch früher, nämlich 1801 durch **Thenard** und Humphry **Davy**, also kurz nach der Erfindung der Batterie durch **Volta** sowie 1840 durch W.R. **Grove** (London) und Frederic **de Moleys** (Cheltenham) und 1847 durch **Draper** [243]. Auch **De la Rive** experimentiert um 1845 mit elektrischem Licht. **Deluil** zeigt 1844 am Place de la Concorde, Paris, erstmals öffentlich die elektrische **Lichtbogenbeleuchtung**.



Bild «Z1» [Foto EE]
Edison-Kohlefaden-Lampe mit Gewindefassung, hergestellt von in San Francisco

1878 lässt der Engländer **Swan** eine praktische Glühlampe patentieren. **Edison** meldet 1879 eine ähnliche Lösung zum Patent an und entwickelt gleichzeitig die heute noch gebräuchliche **Gewindefassung**. Er gewinnt einen jahrelangen Patentstreit gegen **Swan**. In Europa verlacht ihn - nach immerhin bis dahin mehr als 150 durch **Edison** angemeldeten Patenten - **Siemens** in einer Beurteilung vom 21.1.1880 mit den Worten: *«Edison ist eben ein amerikanischer go-ahead Erfinder, der nicht Zeit und Gelegenheit gehabt hat, sich zu unterrichten und der schnell Geld machen will»*. **Uppeborn** zählt ironisch auf, dass **Edison** der 78. Erfinder der Glühlampe sei [233]. In Kenntnis seiner Geschichte kann man bei **Edison** eher von *«Leidenschaft und Beharrlichkeit ohnegleichen»* (siehe oben) sprechen [251]! Durch ihn entstehen auch die **General Electric (GE)** und die von E. **Rathenau** 1883 gegründete **Deutsche Edisongesellschaft**, die spätere **AEG**. Wie leicht ist es doch, eine Erfindung ins Lächerliche zu ziehen oder diese umgekehrt als epochemachend hinzustellen und eine andere höchstens nebenbei zu erwähnen. Die meisten Fehler passieren im Zusammenhang mit dem Datum eines Patentbesitzes. Sowohl das Datum der Anmeldung beim Patentamt als auch das der Patenterteilung kann man verwenden, wobei oft Verwechslungen vorkommen. Der Erfinder hat das Patent im Land des Autors u.U. wesentlich später angemeldet als im Land der Priorität. Gewisse Erfindungen liegen sozusagen in der Luft. Viele erfolgten etwa zur selben Zeit über die gleiche Sache, obwohl es eine schnelle Übermittlung von Informationen nicht gab. Oft kommt es zu neuen Erkenntnissen wenn die Zeit dazu «reif» ist bzw. mehrere Köpfe an der gleichen Idee arbeiten! Daraus erfolgt wahrscheinlich mehr als eine statistische Wirkung. Das wichtige Prinzip der Rückkopplung z.B. entdecken 1912/13 (siehe unter 1913) mindestens sieben verschiedene Personen, was später einen jahrelangen Patentstreit entfacht. Dabei war zu untersuchen, wer wirklich als erster das Prinzip formuliert und mit anderen Personen diskutiert hatte.

Natürlich hat es auch immer Leute gegeben, die sich die Arbeiten anderer zunutze gemacht haben. Für einen Erfinder, der seine Ansprüche patentamtlich schützen will, ist es üblich und notwendig, neue Patentanmeldungen über sein Fachgebiet zu lesen und andere Wege als die beschriebenen Lösungen oder weitere Patentansprüche zu finden. In jedem fortschrittlichen Land gab und gibt es Experimentatoren, die Resultate erzielen, denen die praktische Anwendungsmöglichkeit fehlt. Als Lokalmatadore bezeichne ich Erfinder, die entweder unbrauchbare Erfindungen produzieren oder später lediglich eine gewisse Verbesserung einführen, denen man jedoch zu Unrecht die Erfindung des Prinzips zuschreibt. Jedes Land beansprucht gerne eine Entdeckung für sich. Wie die erwähnten Probleme zeigen, ist es schwierig, eine neutrale Aufstellung der Erfindungen zu erarbeiten. Das Recherchieren aus erster Hand, also aus den Patentanmeldungen (oder sogar aus Gerichtsurteilen), ist zu aufwendig, so dass sich die meisten Autoren mit der Auflistung von Informationen aus dritter Hand begnügen. Zu meiner Verblüffung stelle ich fest, dass gerade namhafte Lexika falsche Daten aufweisen. Auch wenn ein Erfinder sehr oft als solcher zitiert ist, bedeutet das nicht zwangsläufig, dass er als Urheber anzusehen ist. Einige solcher Falschmeldungen kommen in diesem Kapitel mit entsprechenden Hinweisen vor, damit der Leser vergleichend recherchieren kann. Am meisten erstaunt hat mich allerdings das Buch [149] **Tagebuch der Nachrichtentechnik** (1980) von Sigfrid **von Weiher**, das sich ausschliesslich der Kulturgeschichte der Technik widmet. Der Autor hat mit diesem Thema doktoriert, ist Leiter eines Archivs und Lehrbeauftragter für das gleiche Thema. In seiner «Nabelschau» figurieren unter den ca. 500 Erfindernamen weder Dr. John Ambrose **Fleming** (Röhrendi-

ode etc.), Edwin Howard **Armstrong** (Rückkopplung, Supersonic-Superheterodyne-Schaltung, Super-Regenerativ-Schaltung, Frequenzmodulation), noch Josef **Henry**, nach dem wir immerhin die Einheit der Induktion benennen. **Henry** hat 1840-42 u.a. den oszillatorischen Charakter der Entladungen von Kondensatoren gefunden, den **Thomson (Lord Kelvin)** 1853 und **Feddersen** 1858 (rotierender Hohlspiegel) bestätigen. Auch Hermann Ludwig Ferdinand **Helmholtz** (Potsdam 1821-1894 Berlin) befasst sich mit den Schwingungen von **Henry**. Mit **Henry** beginnt die Geschichte der elektrischen **Schwingungen**. Das sind nur drei von vielen unerwähnten aber wichtigen ausländischen Erfindern - dafür überwiegt die Aufzählung von Lokalmatadoren. Unter solchen Voraussetzungen kann es gar nicht anders sein, als dass eine entstellte, nationalistisch zu gefärbte «Kulturgeschichte der Technik» [149] Verbreitung findet. In einem anderen Buch des gleichen Autors stimmen hingegen zahlreiche Lobpreisungen, falls man das Wort «schon» durch «erst» ersetzt, denn viele dieser Taten leisteten andere Erfinder bereits früher! Solche «Geschichten» verursachen Fehlmeldungen in namhaften Zeitschriften bis hin zu einer falschen «Volksmeinung». Kriege vermeiden heisst, die Stärken der anderen und die eigenen Schwächen zu kennen. Darum werfe ich hier einige Gedanken in dieser Richtung auf, auch wenn dies unüblich ist!

Die **Funkschau** berichtet z.B. am 17.7.87 zum Tode von Wilhelm T. **Runge**: «...er entwickelte u.a. das Prinzip des Überlagerungsempfängers, nach dem auch heute noch fast alle Rundfunkempfänger arbeiten...» Es ist begreiflich, dass auch eine bekannte Fachzeitschrift sich letztlich auf die Aussage «der Kapazität» in diesem Bereich abstützen hat. Trotzdem: Zu streiten ist höchstens darüber, ob **Lévy** (1917) oder **Armstrong** (1918) das Super-Prinzip zuzuschreiben ist, abgesehen davon, dass **Hogan** den Gedanken 1913 äussert und ihn **Round** im gleichen Jahr patentiert. Beim Vergleich von Aufbau und Weiterentwicklung dieser Erfindungen ist zu erkennen, dass **Armstrong** zu Recht als der Vater des Supers gilt, auch wenn später seine Patentansprüche gegenüber **Lévy** und anderen unterliegen.

Aus folgendem Grund kann man bei **Runge** nicht einmal von einer Erstentwicklung - geschweige denn vom Prinzip - sprechen: Ab 1924 stellen US-Firmen in zunehmender Zahl serienmässig Super-Rundfunkempfänger her (gegen Ende der 20er Jahre etwa 20 Hersteller) und ab 1924 produziert man vor allem in Frankreich, aber auch in den übrigen europäischen Ländern Superhet-Empfänger in Serie. **Telefunken** hingegen - wo **Runge** zu dieser Zeit Leiter des Empfängerlaboratoriums ist - bietet den Super-Rundfunkempfänger erst 1932/33 (**T650** mit Tetroden) an. Auch ein kommerzieller Super erscheint erst Ende der 20er Jahre. Somit stellt sich die Frage, ob diese Falschinformationen zu belächeln sind oder Objektivität zu fordern ist. Diese Kritik soll die Leistungen von **Runge** nicht schmälern, hat er doch ab 1924 Patente bezüglich des Supers angemeldet und später für **Telefunken** Super-Empfänger entwickelt. Auch verdient er sich in den 30er Jahren einen Namen um die Erforschung der Dezimeterwellen. Die Details über **Goebel** und **Runge** dienen lediglich als begründete Beispiele zu den vielen Falschmeldungen, die auch heute - vor allem in Deutschland - grassieren.

Lediglich durch das Heranziehen von zusätzlicher fremdsprachlicher Literatur kann Ausgewogenheit betreffend Erfindungen und Entwicklungen bestehen. Ausserdem sind die Daten kritisch zu prüfen - wenn möglich anhand von Patentunterlagen.

Wo am meisten Unklarheit herrscht, bin ich auf Details eingegangen oder habe wenigstens die Patentnummer und/oder das Anmelde- oder Erteilungsdatum erwähnt. Der besonders interessierte Leser kann somit weitere Recherchen leicht durchführen. Allerdings will ich einen gewissen Rahmen nicht sprengen.

Wahrscheinlich sind nur wenige Leser an einer Aufzählung möglichst genauer Erfinderdaten interessiert - oder sollte ich mich täuschen? Trotz der besprochenen Schwierigkeiten sei der sachliche Versuch einer Erfinder- und Entdeckergalerie immerhin gewagt!

Beginn des technischen Zeitalters

Vorab sollen einige Daten das Umfeld zeigen, in dem die nachfolgenden Entdeckungen und Erfindungen in Richtung «technische Kommunikation» stehen.

James **Watt** (Grennock-on-Clyde 1736-1819 Heathfield bei Birmingham) baut 1765 die erste praktisch verwendbare **Dampfmaschine**. Die atmosphärische Dampfmaschine, 1690 vom Erfinder des Dampfkochtopfes - **Papin** - gebaut, und die **Newcombsche Dampfmaschine** von 1722 waren nicht brauchbar. Die Maschine von **Watt** verwenden er und andere Erfinder nach Verbesserungen (1782/84 mit Drehbewegung) zur Erzeugung elektrischer Energie. Nach allgemeiner Ansicht beginnt mit der Erfindung der Dampfmaschine das technische Zeitalter. Das **Watt** gilt heute als Masseinheit der Leistung, besonders die Elektrizität betreffend.

Cugnot konstruiert 1769 einen Dampfkraftwagen, **Trevithick** 1798 die Hochdruckdampfmaschine und 1803 einen Gleisdampfwagen, **Evans** 1804 einen Dampfbagger; 1807 fährt ein Raddampfer von New York nach Albany. **Ressel** erfindet 1826 die Schiffsschraube. Im gleichen Jahr erhalten London, Berlin und Hannover für einige Strassen die Gasbeleuchtung. George **Stephenson** baut 1829 die erste Lokomotive, genannt **Rocket**.

Natürlich kamen vorher bereits wichtige Entdeckungen und Erfindungen vor. Die industrielle Revolution ist jedoch erst mit dieser Form der Energieumsetzung und dem raschen Transport von Waren möglich. Beispiele für Vorläufer der industriellen Entwicklung bilden die Erfindung der **Schraubendrehbank** von **Besson** 1569 oder die des Gewindes im selben Jahrhundert. Das Gewinde normt übrigens 1820 **Whitworth** in England. Später entsteht das metrische System von Paris. Ohne diese wegbereitenden Erfindungen sind die für unser Thema wichtigen Entwicklungen nicht denkbar. Erwähnt sei noch die Erfindung der für die spätere Herstellung von Elektronenröhren so wichtige Quecksilber-Vakuumpumpe. Bereits 1643 stellt Evangelisto **Torricelli** (1608-1647), der Mitarbeiter von **Galilei**, mit Glasrohr und Quecksilber ein **Vakuum** her und erfindet damit auch das **Quecksilber-Barometer** (Ausdruck von R. **Boyle**, 1626-1691 England). Otto von **Guericke** (Magdeburg 1602-1686 Hamburg) unternimmt darauf weitergehende Versuche mit dem Vakuum und konstruiert eine erste **Vakuumpumpe**, die **Boyle** und F. **Hauksbee** (1670-1713, England) verbessern. Die Erfindung einer gut funktionierenden **Quecksilber-Vakuumpumpe** gelingt 1722 **Swedenborg**. Die beiden folgenden Bilder sollen zeigen, wie einfach im Prinzip eine **Quecksilber-Vakuumpumpe** funktionieren kann. **Reden** verwendet gemäss [243] einen teilweise mit Quecksilber gefüllten und speziell geformten Glasbehälter und lässt ihn abwechselnd um ca. 90 Grad hin- und herdrehen. Immerhin ist mit dieser Einrichtung innerhalb von drei Minuten ein Vakuum von 0,00001 mm zu erzielen.

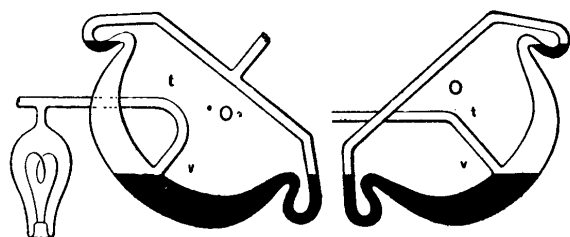


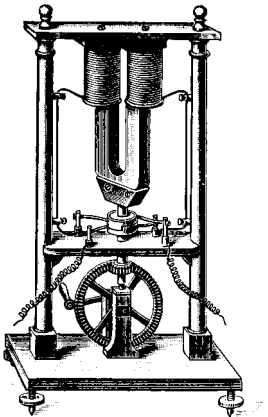
Bild «Z1» E28 [243-26]
Einfache Vakuumpumpe

«*Vakuum und Elektrizität sind die ersten Wurzeln, die nach einem Vierteljahrtausend zu einem mächtigen Strauch der Elektronik wurden.*» - «*Unsere moderne, technisch-wissenschaftliche Welt wurde vorwiegend im Dreieck zwischen Edinburgh-Florenz-Petersburg*» (bzw. Petrograd, Leningrad, Anm. d. Verf.) «*und teilweise im schmalen Band der nordamerikanischen Küstenstädte geboren*» schreibt Albert Kloss in seinem ausgezeichneten Buch über die Entwicklung der Elektrizität [233], wobei er dies nicht auf die letzten Jahrzehnte bezieht (USA, dann Japan).

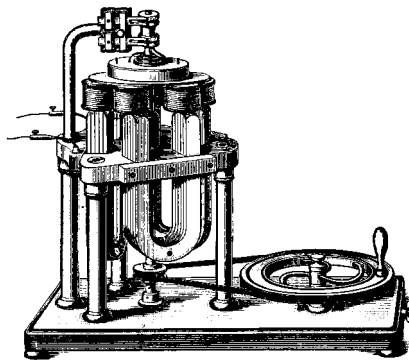
Epoche der Elektrizität

Der Schlüssel zu unserer Technik heisst Elektrizität. Dies ist der Grund, warum ich die wichtigsten Erkenntnisse diesbezüglich chronologisch festhalte, auch wenn sie mit dem Rundfunk direkt nicht in Verbindung zu stehen scheinen. Im 18. Jahrhundert entstehen die grundlegenden Erkenntnisse über die Elektrizität und im 19. Jahrhundert durch weitere Entdeckungen und Erfindungen die konkreten Anwendungen.

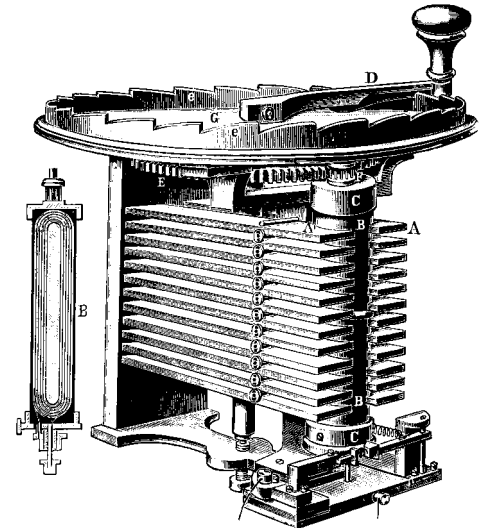
Erst ab dem 18. Jahrhundert beginnt die systematische und fortschreitende Erarbeitung neuer Techniken und Anwendungen.



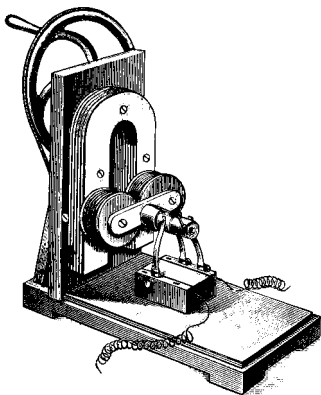
Magnetoelektrische Maschine von Pixii. 1832.



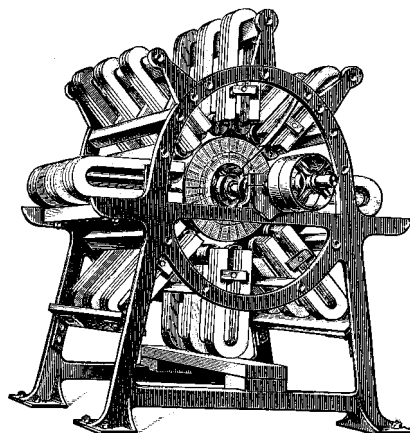
Störers Rotationsapparat mit drei aufrecht stehenden Magneten und sechs Induktionsrollen. 1844.



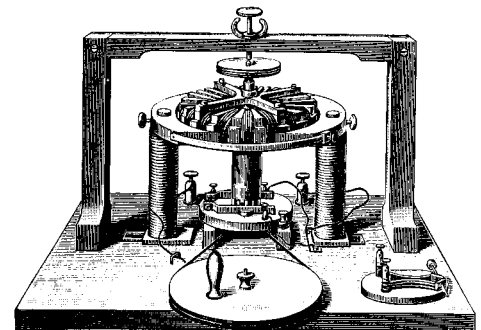
Zylinderinduktor von Werner Siemens. 1857.
B Induktor im Längsschnitt.



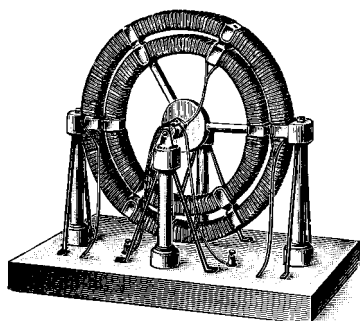
Maschine von Clarke. 1832.



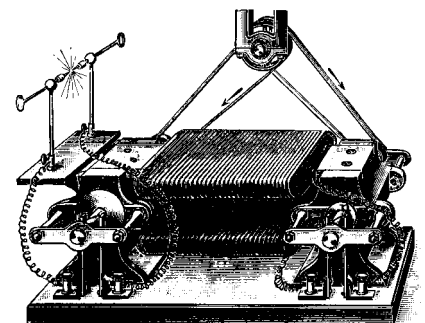
Nollets magnetoelektrische Maschine, erbaut von der Gesellschaft L'Alliance. 1859.



Magnetoelektrische Maschine von Pacinotti. 1865.



Maschine von Elias. 1841.



Maschine von Ladd. 1866.

Bild «Z1» E12 [Meyers 1903]
Erste elektrische Maschinen ab 1832

Heute ist kein Ende, sondern eher eine Beschleunigung dieser Entwicklung abzusehen. Mitte des 18. Jahrhunderts beginnt durch James **Watt** mit der Erfindung der Dampfmaschine das technische Zeitalter. Mitte des 19. Jahrhunderts ruft Werner von **Siemens**, Industrieller (bei Hannover 1816-1892 Berlin), die «elektrische Epoche» ins Leben. Dank motorischer Erzeugung der Elektrizität ist es möglich, ausreichende Energie zu gewinnen. **Siemens** baut 1849 zusammen mit Johann Georg **Halske** (Hamburg 1814-1890 Berlin) die erste lange Telegrafienlinie, die unterirdisch von Berlin nach Frankfurt am Main führt. Damit realisiert er auch die ersten isolierten Starkstromkabel in grösserem Stil. Weitere bemerkenswerte Entwicklungen seien kurz aufgeführt: Hans Christian **Oersted** (Rudkjöbing, Dänemark 1777-1851 Kopenhagen), Physiker, entdeckt 1819/20 den **Elektromagnetismus**, **Seebeck** 1821 die **Thermoelektrizität**. William **Sturgeon** (England ca. 1783-1850 Prestwich) entwickelt 1825 den **Elektromagneten**, A.H. **Pixii**, (Frankreich 1808-1835) 1832 den **Stromerzeuger**, Moritz Hermann **Jacobi** (Potsdam 1790-1874 Russland) 1834 den **Elektromotor**. **Jacobi** demonstriert 1834 auf der Newa bei St. Petersburg (Leningrad) ein von galvanischen Elementen betriebenes **Elektroboot** [149]! Siemens erfindet 1856 den **Doppel-T-Anker**, baut 1866 die Dynamomaschine (gemäss [233] 1867 mit **Wheatstone**) und 1879 die elektrische Lokomotive, aus der er 1881 die elektrische Strassenbahn entwickelt. Die Gleichstromanwendungen sind damit im wesentlichen erschlossen. Um die Entwicklung von Elektromotor, Dynamo und Generator haben sich in der beschriebenen Zeit derart viele Experimentatoren bemüht, so dass es in jedem Land eine andere Version dieser Erfindungen zu lesen gibt. Die niedrigen Wirkungsgrade der ersten Typen verlangen nach vielen Verbesserungen; erst 50 Jahre später kommt die allgemeine praktische Anwendung zustande. In der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts kommt die Entwicklung der Übermittlung von Informationen via Draht und Kabel zustande: Telegrafien- und Telefonlinien entstehen. Vor Ende des 19. Jahrhunderts erfolgt innerhalb weniger Jahre der Durchbruch des Wechselstroms: 1884 verwenden **Gaulard** und **Gibbs** aus Grossbritannien in Turin den **Transformator**. Im Jahr darauf entwickeln ihn die Mitarbeiter **Deri**, **Blathy** und **Zipernowsky** der Budapester Firma **Ganz & Co.** weiter und patentieren ihn. Eigentlich geht der Trafo auf den von **Faraday** 1831 verwendeten **Ringkerntransformator** zurück, den er jedoch nur mit unterbrochenem Gleichstrom betrieben hat. 1885 stellt **Ferrari** das **elektrische Drehfeld** vor. 1887 entwickelt Nicola **Tesla** (Smiljan, Kroatien, heute Jugoslawien 1856-1943 New York, ab 1882 USA), den mehrphasigen **Wechselstrominduktionsmotor**. 1889 führt **Dolivo-Dobrowolski** den **Drehstrommotor** und 1891 die **Stromfernübertragung** ein. Diese Schlüsselerfindungen leiten die heutige Anwendungsform des Wechselstroms ein. Der Übergang ins 20. Jahrhundert ist geprägt von den Erfindungen, die zum heutigen Rundfunk führen. Kurz vor und nach der Jahrhundertwende entstehen zudem viele unserer heutigen Geräte, z.B. die Transportmittel Auto, Flugzeug und Motorschiff. Im Laufe des 20. Jahrhunderts findet eine Anhäufung neuer Erkenntnisse statt. Patente schützen nur den ersten Anmelder, nicht den, der zwei Stunden später anmeldet, wie es bereits im letzten Jahrhundert beim Telefon vorgekommen ist. Leider bilden Patente auch Waffen von grossen Unternehmen gegen Konkurrenzfirmen. Gerade bei den frühen und späten Kommunikationsmedien spielt diese Waffe eine entscheidende Rolle; Weltfirmen entstehen deswegen. 1948 leiten die Erfinder des **Transistors** (**Bardeen**, **Brattain** und **Shockley**) die «Solid state electronic-Epoche» ein - die Röhre führt zur Elektronik. Typisch ist, dass die neueren Erfindungen oft im Teamwork zustande kommen.

ELEKTRIZITÄT, WAS IST DAS?

Um zu ahnen, was sich die Menschen unter der Elektrizität jeweils vorstellten, erwähne ich hier Gedanken und Entdeckungen aus allen Epochen. Die letzten Erklärungen - aus der Atomphysik - seien allerdings dem Spezialisten vorbehalten.

Wer sind überhaupt die Entdecker von Magnetismus und Elektrizität? Die Griechen? Die Chinesen? Immerhin wissen wir erst seit kurzer Zeit, dass die **Chinesen** die **Buchdruckerkunst** mit einzelnen Lettern einige Zeit vor Gutenberg erfunden haben! Sie können also auch früher und mehr von Elektrizität gewusst haben, als wir heute annehmen. Oder etwa die Indier (siehe Bücher des Autors von Däniken)? Die Juden? Die biblische Bundeslade soll angeblich jene mit einem Blitzstrahl niedergestreckt haben, die sie zu berühren wagten. In 2. Moses 25 berichtet die Bibel, dass die Bundeslade aus Akazienholz bestand. Sie war innen und aussen mit reinem Gold überzogen. Die Bundeslade entspräche damit möglicherweise einem grossen elektrischen Kondensator, in der Wirkung ähnlich einer riesigen Leidenerflasche [80091].

Wie nachfolgend gezeigt, ist die Erzeugung von Elektrizität und sind Spannungen von Hunderttausenden von Volt mit einfachen Mitteln erzielbar. Bereits in jener Zeit hat man mit Reibungselektrizität hantiert. Über die darüber hinausgehenden Erfindungen, die das «Zeitalter der Elektrizität» einleiteten, besteht jedoch Sicherheit, dass ihr Ursprung im «Westen» liegt. Das Zeitalter der Elektronik prägt heute allerdings Japan sehr stark mit.

Lange Zeit benutzte man Elektrizität, ohne zu wissen, wie sie entsteht. Um die Vorgänge einigermaßen zu verdeutlichen, folgen Erklärungen für den Begriff «Ladung» und dessen Wirkungen. Tatsächlich waren die Geheimnisse der Elektrizität nur Stück für Stück aufzudecken.

Die Beobachtung elektrischer Erscheinungen ist in frühester Zeit möglich. Die Griechen kennen die «elektrische» Eigenschaft des geriebenen Bernsteins. Das Wort Elektrizität selbst ist auf das griechische Wort für **Bernstein**, «Elektron», zurückzuführen. 1267 formuliert Roger **Bacon** Gedanken über den Gebrauch von Elektrizität zur Nachrichtenübermittlung.

Geladene Elementarteilchen

Die leichten, negativ geladenen Elementarteilchen (**Leptonen**) mit einer etwa 1840mal kleineren Masse als das leichteste Atom (Wasserstoffatom) nennt man **Elektronen** (**Stoney** seit 1891). Sie bilden die Bauteile der Elektronenhülle der Atome. Ihre Ladung gilt als **elektrische Elementarladung**. Bewegen sich negativ geladene Elementarteilchen (Elektronen) im Vakuum (Kathodenstrahlröhre, beispielsweise Fernsehbildröhre), in Gas oder festen Leitern, spricht man von einem **Elektronenstrom**. Es gibt auch Bewegungen von positiv geladenen Elementarteilchen (Positronen) im Gas oder Vakuum (**Goldstein: Kanalstrahlen**).

Ionen dagegen sind frei bewegliche Atom- oder Molekülreste. **Ionenströme** kommen vorwiegend in Flüssigkeiten (Elektrolyt, z.B. im Bleiakku) und bei Gasentladungen vor. Positive Ionen entstehen, wenn ein oder mehrere Elektronen zu einem Atom fehlen. Negative Ionen haben durch Anlagerung von Elektronen eine negative Ladung erhalten.

Die für uns wichtigste und häufigste Form des Stroms ist der **Leitungsstrom**, der Transport elektrischer Ladungen durch Elektronen in Metallen.

Eigenschaften der Elektronen sind der **Eigendrehimpuls** (**Spin**) und das ihnen entsprechende magnetische Moment. Besonders im Vakuum lassen sie sich durch elektrische und/oder magnetische Felder leicht und nahezu trägheitslos steuern.

Zum besseren Verständnis gilt heute in der Fachliteratur folgende Unterteilung der Effekte: **Elektrostatik**: Behandlung der ruhenden elektrischen Ladungen und der damit verknüpften Wirkungen. **Magnetismus**: Betrachtung der magnetischen Elementarbezirke in Festkörpern und deren Wirkungen nach aussen. **Elektrischer Strom**: Seine zahlreichen Wirkungen. **Elektrodynamik**: Berücksichtigung der zeitlich schnell veränderlichen elektromagnetischen Felder.

Elektrostatik

In der Natur finden sich positive und negative elektrische Ladungen. Sie sind in der Regel in der Materie gleichmässig verteilt (neutraler Zustand), jedoch zu trennen und isoliert sammelbar (altes Beispiel ist die Elektrisiermaschine).

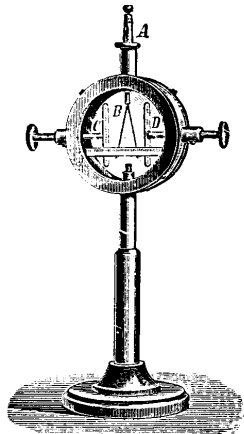


Bild «Z1» E52 [202-15]
Goldblattelektroskop als Elektrometer; erstes Instrument zum Messen elektrischer Spannung

1800 beschreibt Charles Augustin de **Coulomb** (Angoulême 1736-1806 Paris) die **Gesetzmässigkeiten elektrischer Ladungen**. 1865 definiert James Clerc **Maxwell** (Edinburgh 1831-1879 Cambridge) in seiner theoretischen Zusammenfassung die elektrischen Vorgänge mathematisch und postuliert die **Wellentheorie**.

In der Folge setzt sich die **Nahwirkungstheorie** durch. Sie besagt, dass in der Umgebung einer Ladung ein elektrisches Feld besteht, in dem jeder Punkt seine Kraftwirkung an den unmittelbar benachbarten weitergibt. Die Richtung, in der die Kraft auf eine Probeladung wirkt, veranschaulichen **Feldlinien** (Kraftlinien), ihr Betrag deren Dichte. Mit Griesskörnern in einem mit Öl gefüllten Glasgefäss sind die Feldlinien erkennbar (siehe Kapitel «Technik»).

Magnetismus

Obwohl 1720 Stephen **Gray** (England 1670-1736 England) und **Wheeler** die Wirkung der **Induktion** erkennen, glaubt die Wissenschaft noch lange Zeit an die Fernwirkungen der Kräfte.

1831 belegt die Arbeit von Michael **Faraday** (Newington Butts bei London 1791-1867 Hampton Court bei London) die **Induktionswirkung** von Spulen.

Die Metalle Stahl, Nickel, Kobalt, verschiedene Legierungen daraus und einige Eisenminerale haben die Eigenschaft, dass sich die Moleküle besonders leicht im Magnetfeld eines Stromes ausrichten und in ihrem Zustand beharren (**Remanenz**). Es bilden sich **Elementarbezirke (Weissche Bezirke)**, in denen Elementarmagnete die gleiche Richtung haben, nach aussen über Nord- und Südpol zu erkennen. Gegensätzliche Pole ziehen einander an und gleichnamige Pole stossen sich ab. Der Raum in der Umgebung eines Magneten oder eines

stromführenden Leiters heisst **Magnetfeld**. Wir veranschaulichen den Verlauf der Feldlinien z.B. mit Eisenfeilspänen, die an jeder Stelle die Richtung der ausgeübten Kraft ausdrücken und deren Dichte (Ansammlung von Spänen) proportional zur magnetischen Induktion ist.

Ein frei aufgehängter Magnet richtet sich nach den Polen der Erde, die ebenfalls ein magnetisches Kraftfeld aufweist. Das scheinbar so verschiedenartige Auftreten magnetischer Felder begründet die Atomphysik einheitlich (Momente der kreisenden

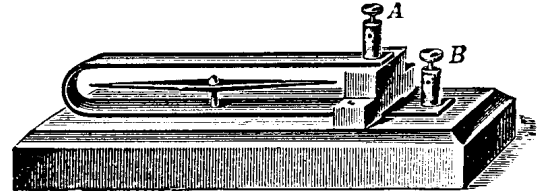


Bild «Z1» E33 [202-52]
Nadelgalvanoskop von Oersted; Magnetnadel als Galvanoskop zur Anzeige eines elektrischen Stroms

Elektronen und der Spins der Elektronen und Kerne).

2500 v. Chr. soll ein Chinese entdeckt haben, wann immer er einen **Magneteisenstein** auf ein im Wasser schwimmendes Stück Holz legte, dieses sich in eine bestimmte Richtung drehte. Um 585 v. Chr. (**Thales von Milet**) kennt man den **Magnetismus** im «Westen» (Theophrastus 371-286 v. Chr.). Auch ein Freund von Aristoteles berichtet über Magnetismus [233]. Im 11. Jahrhundert n. Chr. benutzen Araber und Wikinger einfache **Magnetnadeln**, die im 13. Jahrhundert verbessert als **Magnetkompass** mit Windrose zur Verfügung stehen. 1560 erwägt G.B. **Della Porta** den Einsatz von Magnetismus zum Zweck der Nachrichtenübermittlung.

Von 1581 an befasst sich William **Gilbert**, Leibarzt der Königin Elizabeth I., mit Magnetismus und Reibungselektrizität. Er veröffentlicht 1600 ein fundamentales Werk, in dem er u.a. die **Magnetpole** definiert.

Dauermagnete aus Kohlenstoffstahl erzeugt man seit 1880, geht 1920 auf hochlegierten **Kobaltstahl** und 1932 auf Eisen-Kobalt-Chrom bzw. Wolfram-Legierungen über. Ab 1932 entstehen kohlenstoff-freie Eisen-Nickel-Aluminium-Kobalt-Legierungen (**AlNiCo**, **Oerstit**, **Koerzit**, **Ticonal**) mit koerzitativen **Feldstärken** von bis zu 140 bei vergleichsweise 2,4 des Kohlenstoffstahls aus dem letzten Jahrhundert.

Elektrischer Strom

Elektrischer Strom bedeutet «bewegte Ladungsträger». Je nach verwendetem Material ändert sich die Ausbreitungsgeschwindigkeit des Stromes. Sie beträgt weniger als ca. 300.000 km/s, da die Lichtgeschwindigkeit nur im Vakuum gilt.

In Wirklichkeit bewegen sich die Elektronen langsam im Leiter (**Driftgeschwindigkeit**). Nur die Spannung, der «Druck» der Elektronen, pflanzt sich mit dieser Geschwindigkeit fort. In [144] steht ein zwar banaler aber einprägsamer Vergleich: **«...wie bei einem gefüllten Gartenschlauch das Wasser praktisch sofort nach aufdrehen des Hahns herausspritzt. Die Zeit, die das Wasser zum Durchlaufen benötigt, bemerken wir erst beim Anschluss eines leeren Schlauchs.»**

Die Stärke der durch einen Leiter fliessenden Ladungsmenge pro Zeiteinheit (Stromstärke) misst man in Ampere (siehe «die Theoretiker»). Dieser **Leitungsstrom** ist die wichtigste und häufigste Form des vom Menschen benutzten elektrischen Stroms. Er kommt durch den Transport von Ladungen in homogenen Metallen zustande.

Das Verbinden von Platten eines aufgeladenen Kondensators durch einen metallischen Draht ruft drei physikalische Effekte hervor:

Erstens nimmt das elektrische Feld im Kondensator schnell ab und verschwindet, da sich die Ladungen auf den Platten über den Draht hindurch ausgleichen. Zweitens bildet sich in der Umgebung des Drahtes während des Vorgangs ein magnetisches Feld; drittens erwärmt sich der Draht. Ein elektrischer Strom kann auch chemische Wirkungen hervorrufen.

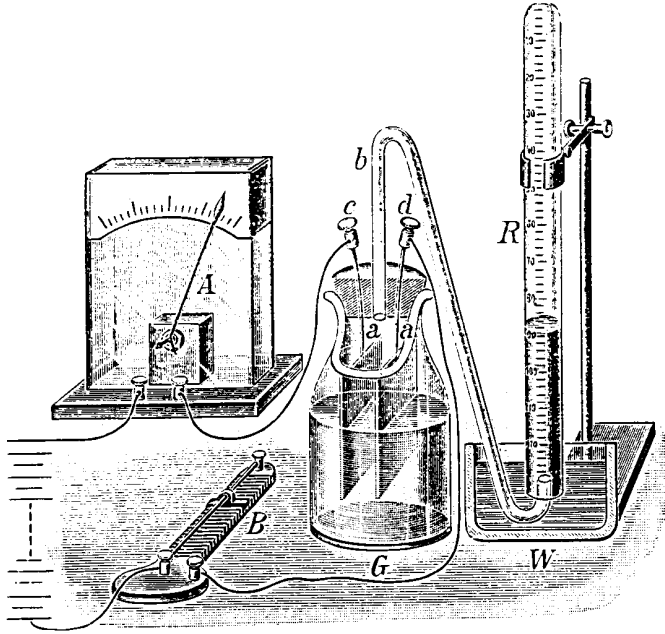
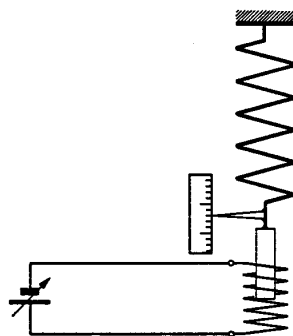


Bild «Z1» E53 [202-127]
Beispiel der chemischen Wirkung des elektrischen Stroms. Erzeugung von Knallgas durch Zersetzung von Wasser in einem Gefäß G mit verdünnter Schwefelsäure und zwei Platinplatten

Georg Simon **Ohm**, Physiker (Erlangen 1789-1854 München), formuliert 1827 das **Ohmsche Gesetz** der Elektrizitätslehre. Dieses besagt, dass bei Gleichstrom die elektrische Stromstärke direkt proportional zu der am Widerstand anliegenden Spannung ist. Bei bekanntem Widerstand kann man über die an ihm anliegende Spannung den Strom bestimmen. Als **Leitwert** gilt der reziproke Wert des Widerstands mit der Einheit **Siemens** (s).

Bild «Z1» E54 [142-18]
Modell eines Weicheisenstrommessers



Zur Berechnung von Schaltungen mit mehreren Widerständen, anderen passiven Elementen und Spannungsquellen benötigen wir eine Erweiterung des Ohmschen Gesetzes und die Aufteilung der Schaltung in mehrere Stromkreise (Maschen), die an sogenannten Knotenpunkten zusammenhängen. Die dazu gehörenden Regeln stellt Gustav Robert **Kirchhoff**, Physiker (Königsberg 1824-1887 Berlin) 1845 auf.

Wegen des Magnetfeldes üben zwei stromführende Leiter Kräfte aufeinander aus. Ein Zylinder, um den ein stromführender Draht gewickelt ist (Spule), erzeugt ein Magnetfeld, vergleichbar mit einem Permanentmagneten. Das für Gleich- und Wechselstrom benutzbare Weicheisensystem funktioniert als Strom- bzw. Spannungsmesser. Das **Dreheiseninstrument** bildet die Form für die Praxis.

Das **Drehspulinstrument** funktioniert mit einem Permanentmagneten, bei sehr kleinen Geräten als **Kernmagnet** ausgebildet, und misst Gleichstrom. Es weist im Gegensatz zum Dreheiseninstrument hohe Empfindlichkeit und lineare Skala auf.

Auch die Erwärmung des Leiters beim Stromdurchgang lässt sich zur Strommessung benutzen. James Prescott **Joule**, Physiker (Salford 1818-1889 Sale bei London), formuliert 1840 ein Gesetz, wonach die in einem Leiter erzeugte Wärme proportional dem Produkt aus dem elektrischen Widerstand und dem Quadrat der Stromstärke ist. Der sogenannte **Erste Hauptsatz der Thermodynamik** geht auf seine Untersuchungen zurück, so dass heute die Einheit der Wärmemenge **Joule** heisst.

Bei den **Ionenströmen** in Elektrolyten lassen sich zur Definition der Stromstärke die elektrolytischen Wirkungen des elektrischen Stroms verwenden. Das **Elektrolyt** ist ein Stoff, der in geschmolzenem Zustand oder in meist wässriger Lösung mehr oder weniger vollständig in seine Ionen zerfällt.

Elektrodynamik

Die Wirkungen zwischen elektrischen und magnetischen Erscheinungen sind wechselseitig. Der Begriff **Elektrodynamik** umfasst die Lehre von den zeitlich veränderlichen Feldern. Es lassen sich zwei Teilgebiete abgrenzen: Die quasistationären Felder (Wechselstrom) und die zeitlich schnell veränderlichen Felder, die zur Wellengleichung (elektromagnetische Wellen) führen.

Über die quasistationären Felder, d.h. langsam veränderliche Felder, lässt sich das Induktionsgesetz, die Induktivität und der Energieerhalt des magnetischen Feldes beschreiben.

Schnell veränderliche elektromagnetische Felder entstehen durch Ströme, die in elektrischen Schwingkreisen ausserordentlich rasch hin- und herpendeln. Sie heissen **elektromagnetische Schwingungen**.

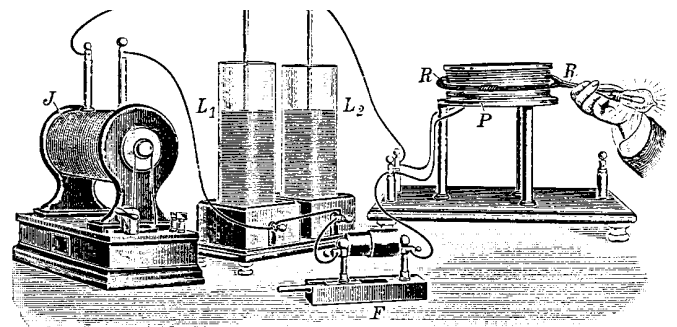


Bild «Z1» E55 [202-308]
Apparatur zur Erzeugung elektromagnetischer Schwingungen. Ein Induktor ist über Leidenerflaschen und Funkenstrecke F mit einer Spule verbunden. Einige darüber gehaltene Drahtwindungen lassen eine Glühlampe aufleuchten.

Auf der theoretischen Grundlage der elektromagnetischen Erscheinungen bestehen ebenfalls Wärme-, Licht-, Röntgen- und Gammastrahlen als Folge von raschen (periodischen) Änderungen elektromagnetischer Felder, verursacht durch schwingende elektrische Ladungen. Besonders eindrucksvoll zeigt sich die Harmonie der elektromagnetischen Grundbeziehungen in der vierdimensionalen Darstellungsweise der **Rela-**

Relativitätstheorie von Albert **Einstein** (Ulm 1879-1955 Princeton N.J. USA, Nobelpreis 1921). 1905 stellt er die Spezielle Relativitätstheorie und 1915 die Allgemeine Relativitätstheorie vor. Erst die Atomphysik gibt Auskunft über Prozesse, die zur Lichtausendung führen, oder über die diskreten Wellenlängen (**Spektrallinien**) des von glühenden Gasen ausgesandten Lichtes. Bei Elektronenleitern und -halbleitern beobachtet man schliesslich eine Reihe von Effekten, die vollständig erst seit 1957 durch die **Quantenelektrodynamik (Quantenfeldtheorie**, «Zweite Quantelung») aufgeklärt sind. John **Bardeen**, Physiker (Madison, USA 1908-, Nobelpreis 1956 für Transistor und 1972 für Supraleitung), ist diese Leistung zu verdanken.

Auszug aus dem Fachbuch «Radios von gestern»
(Ernst Erb)

Wir haben die Seitennummerierung so eingesetzt, dass sie dem Buch entspricht. Damit können sich Leerstellen (zu Beginn oder am Ende) ergeben.

Sie sind eingeladen, Fehler in diesem Buch zu melden oder den fachartikeln Zusätze in Ihrem Namen anzufügen. Dazu können wir Ihnen die Schreibrechte einstellen. Fehlerkorrekturen möchten wir in einem günstigen Arbeitsbuch mit einfließen lassen, sobald die jetzige Form (3.Auflage) ausverkauft ist. Zusatzartikel verbleiben aber hier, da wir die Seiteneinteilung grundsätzlich auch im neuen Buch einhalten wollen.

Benutzen Sie das Feldstecher-Symbol, um Suchbegriffe sofort zu finden.

Kritiken über das Buch finden Sie über www.amazon.de. Bestellen können Sie es direkt bei der Verlagsauslieferung, die täglich per Post gegen Rechnung Bücher ausliefert: HEROLD-Oberhaching@t-online.de oder HEROLD@herold-va.de. Da ist auch der Radiokatalog Band 1 zu haben.

Copyright Ernst Erb

www.radiomuseum.org