

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 70 (1979)

Heft: 23

Artikel: Die ersten Elektromotoren

Autor: Imhof, A.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-905448>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 25.12.2024

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

Die ersten Elektromotoren

Von A. Imhof

621.315.6(091)

In den Jahren zwischen etwa 1820 und 1870 wurden zahlreiche, heute sehr primitiv anmutende Elektromotoren erdacht und als Versuchsausführungen angefertigt. Aus der Vielfalt der Ideen werden markante Beispiele gezeigt, die meisten anhand von Skizzen aus Publikationen der betreffenden Zeit. Dabei werden die Motorsysteme klassiert in solche mit Wippen- und Pendelbewegung von Eisenbolzen, solche mit Tauchbewegung von Eisenbolzen oder Spulen in feststehenden Spulen und solche mit unmittelbarer Rotation des beweglichen Teils. Den Schluss bildet der Ringankeromotor von Elias, der am ehesten als Vorläufer der modernen Motoren gelten kann.

Entre 1820 et 1870, de nombreux moteurs électriques, qui nous paraissent aujourd'hui très primitifs, furent conçus et fabriqués en vue d'essais. Parmi un grand nombre de conceptions, quelques exemples marquants sont montrés, la plupart d'après des croquis parus dans des publications de l'époque. Les systèmes de moteurs sont classés en systèmes à mouvement de bascule ou de pendule d'un noyau de fer, systèmes à mouvement de plongée d'un noyau ou de bobines dans des bobines fixes et systèmes à rotation directe de la partie mobile. Pour terminer, l'auteur montre le moteur à induit en anneau d'Elias, qui peut être considéré comme le précurseur des moteurs modernes.

1. Der Elektromagnet

Voraussetzung für die Erfindung der Elektromotoren waren die «Galvanischen Zellen» als Stromquellen und die Elektromagnete als krafterzeugende Bauteile. Die ersteren kannte man in geeigneter Ausführung seit dem Anfang des 19. Jahrhunderts. Die Ablenkung der Magnetnadel durch den elektrischen Strom wurde 1820 von H. C. Oersted [11], Professor der Physik in Kopenhagen, entdeckt. Das war ein höchst beachtetes Ereignis. Bei der Wiederholung von Oersteds Experiment fanden J. S. C. Schweigger und J. C. Poggendorff, dass der Effekt des Stromes verstärkt werden kann, indem man den Draht zu einer Spule wickelt, innerhalb welcher sich die Magnetnadel befindet. D. J. F. Arago stellte dann fest, dass ein stromdurchflossener Draht Eisenspäne anzieht und eine Eisennadel im Innern einer Drahtspule bei Stromdurchfluss magnetisch wird. Der Physiker W. Sturgeon erhielt eine viel stärkere magnetische Kraft, indem er die Drahtspule auf ein hufeisenförmiges Eisenstück wickelte. Nun überboten sich die Hersteller von Elektromagneten: G. Moll an der Universität Utrecht stellte einen Elektromagnet her, der 154 Pfund Eisen zu tragen vermochte. J. Henry befasste sich mit der Wirkung der Windungszahl und der Art der verwendeten Batterie; ihm gelang 1831 die Konstruktion eines Elektromagnets, der an einer Batterie von nur 132 Quadratzoll Zink 3600 Pfund hob. 1835 begann Professor M. H. Jacobi unabhängig von J. Henry mit einer systematischen Forschung über die Elektromagnete. Man macht sich heute keine Vorstellung, wie sehr diese die Fachwelt erregten. Dass sie sich auch eigneten, Stahl in kräftige Dauermagnete zu wandeln, spielte einige Jahrzehnte lang im Generatorenbau eine grosse Rolle [10].

2. Erste Versuche

Wenn man bedenkt, dass sehr kurz nacheinander die chemische Stromerzeugung, die magnetische Wirkung des Stromes und schliesslich die Spannungserzeugung durch Induktion entdeckt wurden, darf von einer für die Technik überwältigend grossen Zeitepoche gesprochen werden. Für die Telegraphie, für Generatoren und Motoren bot sich ein faszinierendes Feld erfinderischer Tätigkeit. Es fällt dabei rückblickend auf, dass die konstruktiven Fähigkeiten in der damals ebenfalls noch sehr jungen, aber doch schon eingespielten Technik der Dampfmaschinen ein deutlich höheres Niveau zeigt als auf dem elektrischen Gebiet. Mehrere Erfinder von Elektromotoren waren offenbar beeindruckt von der berühmten Dampfmaschine (1810), bei welcher die Hin- und Herbewegung des die Kraft erzeugenden Kolbens über die Pleuelstange in Rotationsbewegung übertragen wurde; sie imitierten dieses Prinzip.

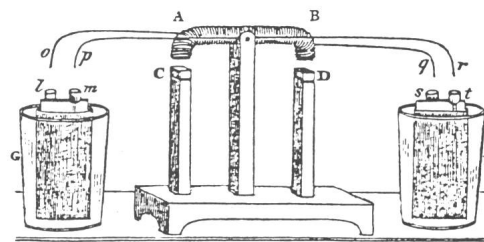


Fig. 1 Motor von Joseph Henry, 1831 [1]

C und D sind Eisenstücke. Bei o, p, q, r Kontakte mit den galvanischen Elementen G und F, die periodisch durch die Kraft des Elektromagneten AB betätigt werden

Während die Dampfmaschine schon sehr früh versprach, mittels der in grossen Mengen vorhandenen Kohle billige Energie zu erzeugen, verbrauchte der Elektromotor in den galvanischen Batterien für sehr viel kleinere Energie grosse Mengen Zink. Trotzdem wurden gegen das Jahr 1840 über die elektromagnetische Triebkraft mit dem lebhaftesten Eifer, besonders von *M.H. Jacobi* zu Petersburg und *J.Ph. Wagner* zu Frankfurt a.M., Versuche grösseren Stils angestellt.

3. Erste Elektrofahrzeuge

M.H. Jacobi brachte es dahin, durch eine «elektromagnetische Kraftmaschine» ein Boot auf der Newa zu treiben. Dieses war 8 m lang und mit Schaufelrädern versehen; die zwei Batterien, je aus 64 Zink-Platin-Ketten zusammengesetzt, waren längs der Seitenwände des Schiffes aufgestellt. Die Maschine (Fig. 8) bestand aus 16 Elektromagneten, von denen die eine Hälfte auf einem senkrechten Ständer angebracht war, während die andere Hälfte, getragen von einer runden Scheibe, diese drehte, indem sie ihre Pole wechselte. Das Boot fuhr mit 14 Mann gegen Strom und Wind mehrere Stunden lang. Die Kraft der Maschine kam einer Pferdestärke nahe.

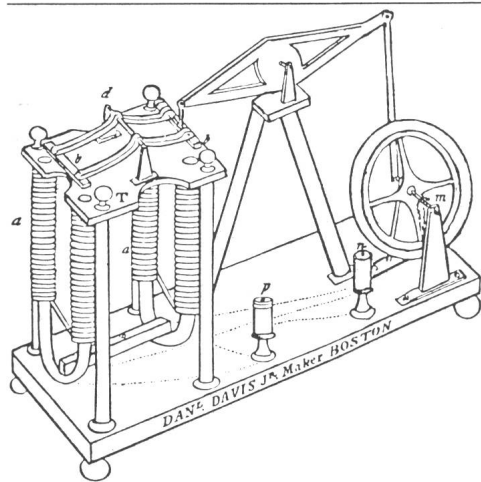


Fig. 2 Charles G. Pages «reciprocating motor», 1838 [1]
b sind Eisenbarren, die periodisch von den beiden Elektromagneten a angezogen werden. Bei m eine Schaltvorrichtung mit Schleifkontakten

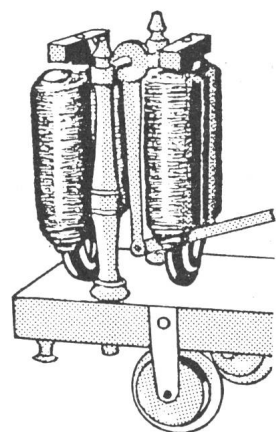


Fig. 3 Motor von G. O. Coltons Lokomotive, 1847 [1]
Zwei U-förmige Elektromagnete, darüber ein Schwinghebel mit zwei Weicheisenklötzen. Nach unten Teilstück des zum (nicht abgebildeten) Schwungrad führenden Gestänges

J.Ph. Wagner fertigte einen kleinen Wagen, der, durch eine elektromagnetische Maschine getrieben, einen andern, mit 30 kg belasteten Wagen auf einer runden Holzplatte von 2 m Durchmesser mehrere Stunden lang im Kreise herumführte; die Leistung der Maschine entsprach nur $\frac{1}{80}$ PS. 1833 jedoch hat ein Schotte, *W. Ritchie*, eine Lokomotive erbaut, deren Leistung das Vierfache einer Pferdekraft betrug [4].

Die Welle von *Th. Davenports* Motor (1834) rotierte mit 30 U/min. Er konstruierte auch eine Miniaturlokomotive. 1835 meldete er für seinen Motor ein Patent an. 1837 baute er einen Motor, dessen Rotor mit 1000 U/min rotierte und ein Gewicht von 200 Pfund mit einer Geschwindigkeit von 1 Fuss/min heben konnte. Den Strom lieferten drei galvanische Elemente. An einer Ausstellung in London 1838 trieb einer seiner Motoren eine kleine Eisenbahn mit mehreren Wagen und einem Gewicht von 70 bis 80 Pfund bei einer Geschwindigkeit von drei Meilen pro Stunde. Erfolg brachte sein Motor auf dem Prinzip der Tauchspule 1838. *Davenport* baute insgesamt über 100 Motoren, aber ungenügende finanzielle Mittel und das Fehlen einer billigen Stromquelle führten zu seinem Ruin.

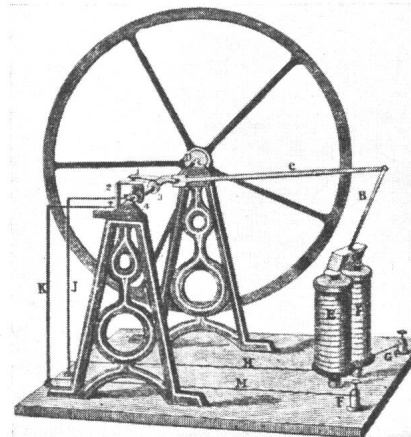


Fig. 4
Motor von C. A. Grüel, 1865 [4]
Auf der Welle die Schaltvorrichtung 1-4 für den Elektromagnet E, F rechts

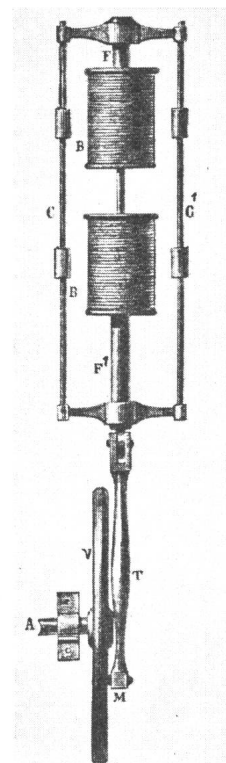


Fig. 5
Charles G. Pages Motor, 1838
Die Rundeisenstangen F und F' werden periodisch in die beiden Spulen gezogen

Um 1840 betätigten sich mehrere Erfinder mit dem Elektromotor. *R. Davidson* in Edinburgh konstruierte einen Motor zum Antrieb eines kleinen Wagens (Fig. 16). Drei Jahre später fuhr ein von ihm erbautes sechs Tonnen schweres Fahrzeug mit einer Geschwindigkeit von vier Meilen pro Stunde $1\frac{1}{2}$ Meilen weit. 1847 wurde der 14 Zoll lange und 5 Zoll breite Motor in Nord- und Südamerika verschiedenenorts ausgestellt. Als Stromquelle dienten vier Grove-Zellen.

Einer der profiliertesten damaligen amerikanischen Erfinder war *Ch. G. Page*. Er begann 1837, sich mit Motoren zu befassen; in den folgenden Jahren baute er einen Motor zum Antrieb eines Drillbohrers. Als er von der Regierung einen Betrag von 20000 \$ erhalten hatte, baute er zwei Motoren, die deutlich ausserhalb «philosophischer Spielzeuge» standen. Sein Motor nach Fig. 6 leistete 1 PS. Wenig später gelang ihm eine Steigerung auf 4 PS. Für eine solche Maschine berechnete er Betriebskosten von 20 Cents pro PS und Tag. 1851 trieben zwei Page-Motoren eine 10-Tonnen-Lokomotive mit einer Geschwindigkeit von 10 Meilen/h. Einige Monate später erreichten seine Motoren Leistungen von 8 bis 20 PS, und mit einer Lokomotive fand eine 39 min dauernde Fahrt von Washington

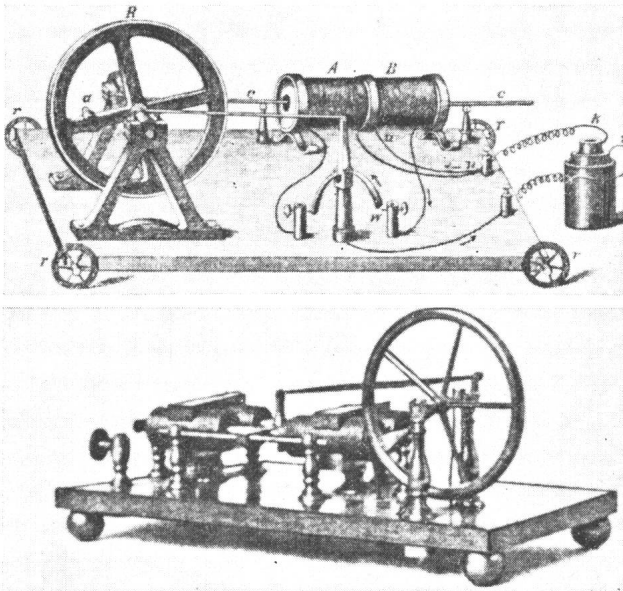


Fig. 6 Zwei Motoren von Charles G. Page
Oben: Modell mit einer Magnetspule [9]
Unten: Patent-Office-Modell mit 4 Spulen [1]

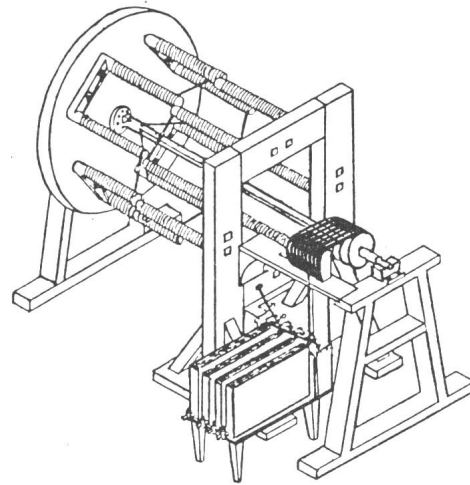


Fig. 8 M. H. Jacobis Motor für Bootsantrieb, 1834 [1]
Vier feststehende zweipolige Elektromagnete; vier auf Drehscheibe sitzende Elektromagnete. Vorn auf der Welle Kollektor zur Steuerung der Magnetspeisung

nach Bladenburg mit einer Spitzengeschwindigkeit von 19 Meilen/h statt; aber die Tondiaphragmen der pro Motor verwendeten 50 Grove-Zellen und die Isolation der Motoren brachen zusammen. Darnach verzichtete Page auf weitere Versuche.

Ein anderer erfolgreicher Erfinder war *M. G. Farmer*. Er konstruierte 1846 einen Elektromotor (Fig. 14), der an einer Ausstellung 1847 einen Eisenbahnzug, bestehend aus zwei Wagen, auf einer Spurweite von 18 Zoll antrieb. Aber nach wenig erfolbringenden weiteren Ausstellungen wandte er sich der Telegraphie zu.

4. Begrenzung durch die Stromquellen

Um die Mitte des Jahrhunderts wurde sich das Publikum mehr und mehr der Möglichkeiten der elektrischen Energie bewusst. Napoleon III. übergab dem Instrumentenmechaniker

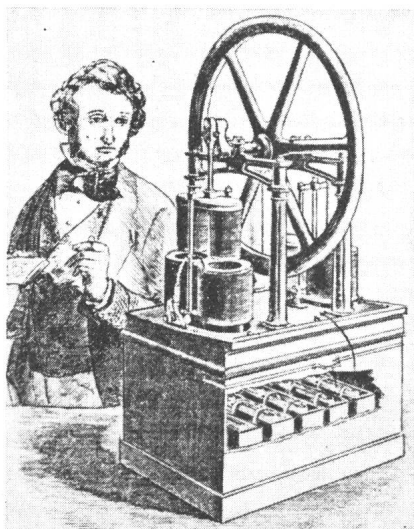


Fig. 7
Motor von Soren Hjorth, 1851 [1]
Zwei bewegliche Elektromagnete werden periodisch in zwei stationäre Elektromagnete gezogen

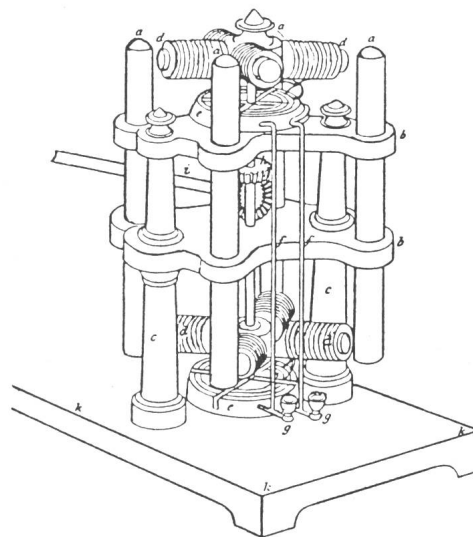


Fig. 9 Francis Watkins Motor mit zwei Rotoren auf vertikaler Welle [1]
Vier vertikale feststehende Weicheisenbolzen. Auf der Welle oben und unten je vier Elektromagnete, die auch als Schwungräder wirken, ferner zwei Schaltmechanismen für die Magnete

G. Froment den Volta-Preis 1857 für den rein elektrischen Antrieb einer Werkstatt (Fig. 13). Froment konstruierte mehrere Motoren. Der Däne S. Hjorth fertigte einen Motor, der an der Great Exhibition 1851 in London beträchtliche Beachtung fand und einen Preis erhielt (Fig. 7).

Die meisten Wissenschaftler und Ingenieure konnten jedoch im elektrischen Antrieb gegenüber der Dampfmaschine keinen Vorteil finden. Die grösste Schwierigkeit boten die relativ hohen Kosten im Vergleich zum Dampfantrieb. Metalle und Säuren der galvanischen Batterien waren sehr viel teurer als Kohle und Wasser. R. Hunt berechnete anno 1850, dass der elektrische Antrieb 25mal teurer sei als der Dampftrieb [1]. Dazu kamen die Schwierigkeiten der Stromleitung. Mitte des Jahrhunderts konnte man zwar schon über lange Distanzen telegraphieren, aber elektrische Leistung konnte nur innerhalb eines grossen Zimmers übertragen werden. Man war deshalb gezwungen, für die galvanischen Batterien direkt am Aufstellungsplatz des Motors schwere Behälter mit stark korrodierender Flüssigkeit aufzustellen.

Trotz des «schweren Behälters» wählte aber ein Luftschiffkonstrukteur (Fig. 19) noch um 1875 die «elektromagnetische Kraftmaschine» zum Antrieb des Propellers [5].

5. Die Dynamomaschine

Erst die Erfindung der Dynamomaschine und des Transformators öffneten den Weg zur wirtschaftlichen Produktion und Verteilung der elektrischen Energie. Noch am Vorabend der

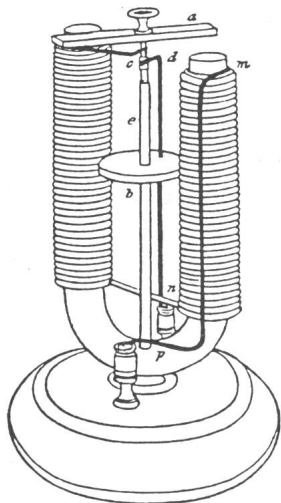


Fig. 10 Charles G. Pages Motor mit U-förmigem Elektromagnet und rotierendem Weicheisenbalken, 1840 [1]

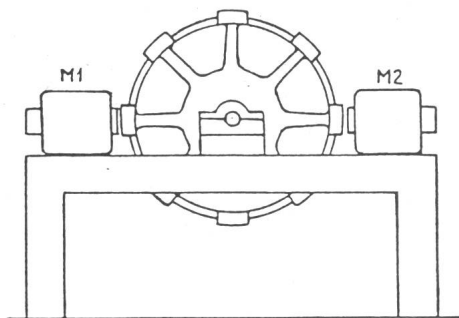


Fig. 11 William Taylors Motor, 1840 [1]
Horizontalachsige Elektromagnete M1 und M2;
Rotor mit 8 Weicheisenbalken

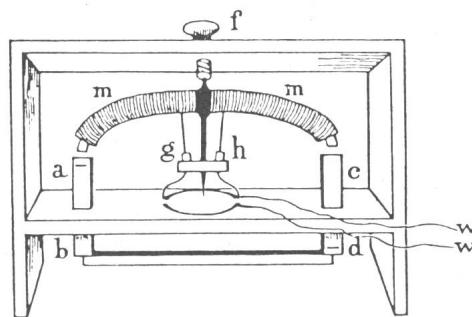


Fig. 12 James Joules Motor, 1838 [1]
m rotierender Elektromagnet
a-d Eisenstücke
g, h Schaltvorrichtung
(eine bessere Bauart entstand 1842)

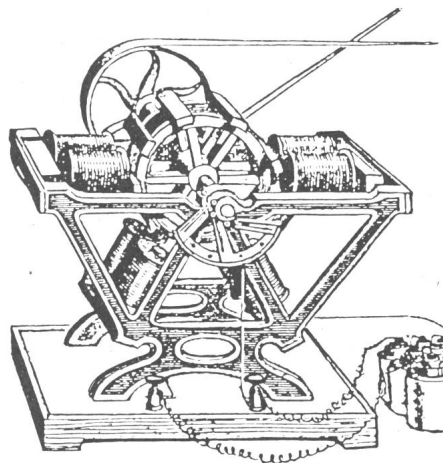


Fig. 13 Einer der Motoren von G. Froment, 1844 [1]
Gleiches Prinzip wie bei W. Taylor (Fig. 11)

beiden letzten Jahrzehnte des 19. Jahrhunderts, Jahrzehnte der Aussicht auf eine explosive Entwicklung elektrischer Technologie, hat Th. du Moncel die Meinung der meisten Wissenschaftler und Ingenieure wiedergegeben, als er vor den «pomposen Mitteilungen gewisser Konstrukteure und Zeitungen» warnte und betonte, dass «was sicher ist in gegenwärtiger Zeit, ist, dass kein Elektromotor eine einzige Pferdekraft an Leistung erreicht hat». Er war jedoch nicht Pessimist; im kurz vorher erfundenen Dynamo sah er die Möglichkeit der Wandlung in einen kommerziellen Motor [1]. Darüber unterrichtet der Aufsatz [10] des Verfassers.

Das Hindernis der überaus teuren und wenig ergiebigen Stromquellen der galvanischen Batterien verschwand, als die elektrischen Generatoren und Transformatoren etwa um die Jahre 1880...1890 so weit entwickelt waren, dass es zum Bau von Kraftwerken und Energieverteilanlagen kam und deren Ausbreitung dann lawinenartig vor sich ging. Kurz zuvor wurde man sich auch bewusst, dass die Dynamomaschine und der Elektromotor im wesentlichen identische Maschinen sind, wobei erstere den Stromleiter mittels aufgedrückter Kraft quer durch das Magnetfeld treibt, während bei der letzteren der im Magnetfeld befindliche stromdurchflossene Leiter die treibende Kraft erfährt. Erst diese Erkenntnis führte zu Motoren von im wesentlichen heutiger Bauart. In [5] findet man dazu die treffenden Worte: «Die Geschichte der elektromagnetischen Kraftmaschine bricht also mit deren Kindheit ab, oder sie geht mit der Geschichte der Dynamomaschine zusammen.»

6. Drei Motorbauarten

In den Abbildungen sind aus der grossen Zahl der frühen erfinderischen Vorschläge für Elektromotoren einige herausgegriffen. Als Quellen dienten vor allem die unter [1] genannte Schrift, ferner einige alte Physikbücher und technische Werke. Grundsätzlich können drei Gruppen gebildet werden:

1. Motoren, deren beweglicher Teil eine wippende Schwingung ausführt:

J. Henry 1831 (Fig. 1), J.D. Botto 1834, J.L. Clark 1840, Th. Wright 1840, Ch. G. Page 1838 (Fig. 2), G.O. Colton 1847 (Fig. 3) [alle 1], C. A. Grüel etwa 1860 (Fig. 4) [4].

2. Motoren, deren beweglicher Teil eine Tauchbewegung macht. Eisenbolzen oder Spulen werden ins Innere von feststehenden Spulen gezogen:

W. Sturgeon 1832, W. Ritchie 1833, T. Edmundson 1834, M.H. Jacobi 1837 für Bootsantrieb (Fig. 8), F. Watkins Typ 1 1838 (Fig. 9), Ch.G. Page 1838 (Fig. 10), W. Taylor 1840 (Fig. 11), J. Joule 1838 und 1842 (Fig. 12), P.G. Froment 1844 (Fig. 13), M.G. Farmer 1846 (Fig. 14), R. Davidson (Fig. 15), R. Davidson's electric locomotive 18 (Fig. 16), Th. Davenport 1837, Elias' Motor mit Ringanker 1840 (Fig. 18) [alle 1], J. Kravogl etwa 1865 [7], M. Hipp 1867 (Fig. 17) [6].

3. Motoren, deren beweglicher Teil direkt rotiert.

Alle diese Motoren entstanden etwa zwischen 1831 und 1870. Unter allen bedeutet derjenige von *P. Elias* (1840) als erste Maschine mit Ringanker einen ausserordentlichen Fort-

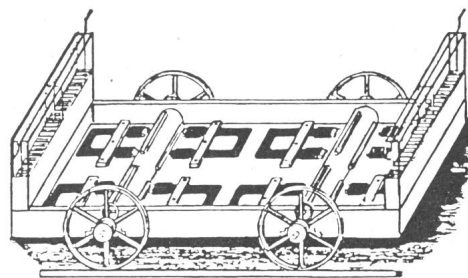


Fig. 16 R. Davidsons elektrische Lokomotive, 1839 [1]

Auf jeder Achse zwei ihr parallele Weicheneisenklötze. Beidseitig je ein zweipoliger Elektromagnet. Prinzip wie Fig. 15. An den Chassis-Enden je eine galvanische Batterie

schrift (Fig. 18), damals auch für Dynamomaschinen. Sie war ein Vorläufer der Ringankermaschine von *A. Pacinotti* (1860) und von *Z. Th. Gramme* (1869).

Bei allen Motorsystemen war auf der Achse des rotierenden Teils ein Mechanismus angebracht, der jeweils im richtigen Moment die Magnetspulen ein- und ausschaltete. Er ist in den Figuren 4, 9, 10, 15, 18 gut erkennbar.

7. Die Batterie

Da in den alten Berichten über Elektromagnete und Elektromotoren öfters die Rede ist von der «Grove-Zelle», die sich als stärkstes konstantes galvanisches Element erwiesen hatte,

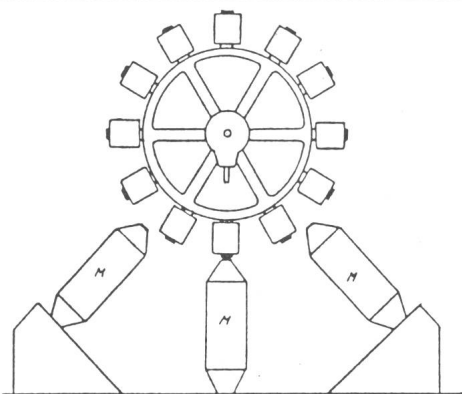


Fig. 14 Lokomotivmotor von Moses G. Farmer, 1846 [1]

M sind Elektromagnete; das Rad trägt deren 12. Auf der Welle ein «Kollektor» zur periodischen Ein- und Ausschaltung dieser Magnete. U.S.-Patent 10480, 1854

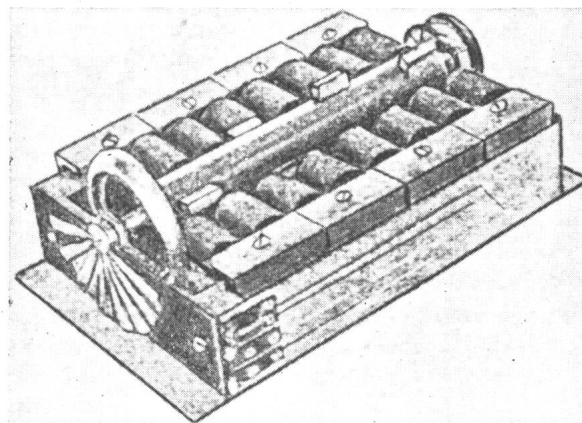


Fig. 17 Motor von M. Hipp, 1867 [6]

Erster schweizerischer Elektromotor. Prinzip wie bei Davidson in Fig. 16, jedoch mehrere Elektromagnete parallelgeschaltet

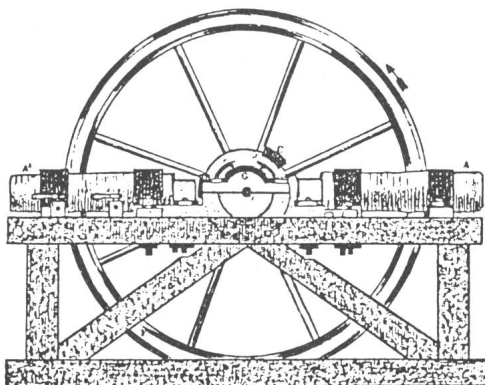


Fig. 15 R. Davidsons Motor [1]

Zwei horizontalachsige Elektromagnete. Auf der Welle Eisenklötze und Schaltvorrichtungen

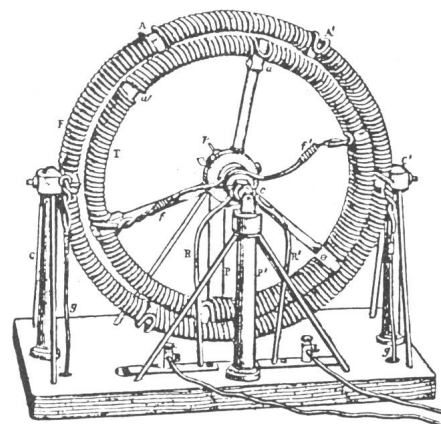
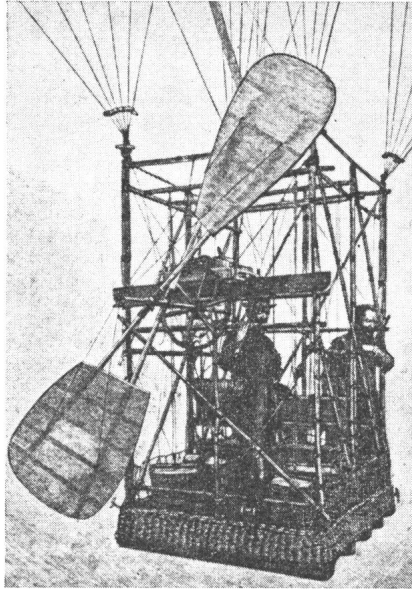


Fig. 18 P. Elias' Motor mit Ringanker, 1840 [10]

Fig. 19
Die Gondel von Tissandiers
elektrischem Luftschiff
[5]



«Auf dem Boden der Gondel stehen mit doppeltchromsaurem Kali gefüllte Tonnen, die mit einer höher stehenden Batterie in Verbindung gebracht sind. Die Batterie ihrerseits speist eine kleine über der Schraubewelle angebrachte Kraftmaschine. Diese macht 1200 Umdrehungen in der Minute und ist mit der leichten Schraube durch ein Getriebe dergestalt verkoppelt, dass sich die Schraube zehnmal langsamer dreht»

sei hier dessen Beschreibung wörtlich nach *J. Crüger* [4] wiedergegeben: «Sie ist die wirksamste, aber auch, weil Platin fünfmal so teuer als Silber ist, auch die teuerste. Ausserhalb der Thonzelle steht der amalgamierte Zinkcylinder in verdünnter Schwefelsäure, innerhalb der Zelle Platin in concentrirter Salpetersäure. Da man des hohen Preises wegen dünnes Platinblech wählt, fertigt man einen hölzernen Deckel, der auf die Thonzelle passt ...»

Des hohen Platinpreises wegen wurde indes zur Speisung der Motoren vorzugsweise die *Bunsensche* Batterie verwendet, welche «für praktische Zwecke die meisten Vorzüge in sich vereinigt». In Fig. 20 ist A der Glasbecher, B der Zinkzylinder, C die poröse Tonzelle (Diaphragma), D die Kohlelektrode. «Diese besteht aus dem härtesten Koks aus Gasretorten, gemischt mit etwas Steinkohlepulver und mit Sirup zu einem festen Teige angerührt; diese Masse formt man zu Zylindern und bricht sie hart. Die Kohlelektrode steht in konzentrierter Salpetersäure, der Zinkzylinder in verdünnter Schwefelsäure» [5].

Eine der mächtigsten Batterien wurde auf Befehl Napoleons I. für die Polytechnische Schule konstruiert; der Ehrgeiz der Engländer liess es aber nicht zu, ohne einen ähnlichen Apparat zu sein. Man eröffnete eine Subskription, um das Laboratorium des berühmten Chemikers *H. Davy* mit einer grossen Wollastonschen Zink-Kupfer-Batterie auszustatten. Diese bestand aus 200 Trogelementen (Fig. 21).

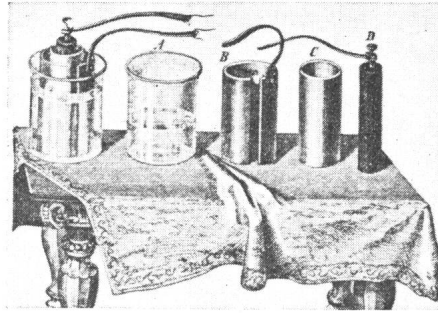


Fig. 20
Das Bunsensche
Element [5]

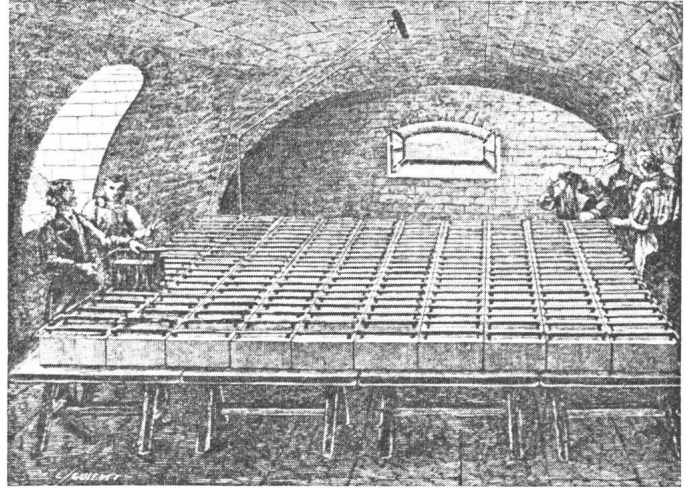


Fig. 21 H. Davys grosser Wollastonscher Trogepparat [5]

Literatur

- [1] *W. J. King*: The development of electrical technology in the 19th century. Part 1: The electrochemical cell and the electromagnet. Bulletin of the United States National Museum 228(1962).
- [2] *J. H. J. Müller*: Grundriss der Physik und Meteorologie. 12. Auflage. Braunschweig, Verlag Vieweg, 1875.
- [3] *F. Schoedler*: Das Buch der Natur. Erster Theil: Physik, Astronomie und Chemie. 49. Auflage. Braunschweig, Verlag Vieweg, 1874.
- [4] *J. Crüger*: Schule der Physik. 11. Auflage. Leipzig, G.W. Körner's Verlag, 1880.
- [5] *J. Zöllner*: Buch der Erfindungen, Gewerbe und Industrien. 2. Band: Die Kräfte der Natur und ihre Benutzung. 8. Auflage. Berlin/Leipzig, Verlag Otto Spamer, 1885.
- [6] *W. Wyssling*: Die Entwicklung der schweizerischen Elektrizitätswerke und ihrer Bestandteile in den ersten 50 Jahren. Zürich, SEV, 1946.
- [7] *E. Altmayr*: Kravogl's Maschinen. Beiträge zur Technikgeschichte Tirols 1(1969)1.
- [8] *F. L. Pope*: The inventors of the electric motor. Electrical Engineer 11(1891)–, p. 1...5, 33...39, 65...71, 93...98 + 125...130.
- [9] *E. Mach*: Die Mechanik in ihrer Entwicklung, historisch-kritisch dargestellt. 5. Auflage, Leipzig, Brockhaus-Verlag, 1904.
- [10] *A. Imhof*: Die ersten 50 Jahre der Dynamomaschine. Ein historischer Rückblick. Bull. SEV/VSE 69(1978)20, S. 1108...1114.
- [11] *H. Wüger*: Pioniere der Elektrizität. Rubrik im Bull. SEV/VSE.

D. F. J. Arago. 69(1978)15, S. 841	S. Hjorth. 62(1971)14, S. 682
W. R. Bunsen. 65(1974)20, S. 1477	M. H. von Jacobi. 65(1974)13, S. 973
T. Davenport. 68(1977)2, S. 84	J. Joule. 55(1964)13, S. 642
H. Davy. 69(1978)24, S. 1325	H. C. Oersted. 68(1977)8, S. 395
G. Froment. 57(1966)4, S. 156	A. Pacinotti. 53(1962)22, S. 1107
Z. T. Gramme. 68(1977)12, S. 584	J. C. Poggendorff. 68(1977)9, 453
J. Henry. 63(1972)26, S. 1559	W. Sturgeon. 67(1976)16, S. 858
M. Hipp. 54(1963)14, S. 548	J. Ph. Wagner. 67(1976)8, S. 393

Adresse des Autors

Prof. Dr. Ing. h.c. *Alfred Imhof*, Winzerstrasse 113, 8049 Zürich.