

Vom Barlow'schen Rad zum Elektromagnet-Motor von Egger

Ein Streifzug durch die Frühgeschichte der Elektromotoren

Franz Pichler

Einleitung

Elektromotoren sind heute allgegenwärtig. Sie sind in Rasierapparaten, Bohrmaschinen, Spielzeugen, Ventilatoren und vielen anderen Geräten und Maschinen des täglichen Gebrauches enthalten. Sie sorgen für die Rotation der Magnetplatten und der CD's und DVD's in unseren Computern und Recordern und sind auch wesentlich für die Funktion von Foto- und Filmkameras. Erst vor etwa 100 Jahren konnte ihre technische Entwicklung einen ersten Abschluss erreichen. Erst ab diesem Zeitpunkt erfolgte ihr Entwurf mit Hilfe mathematischer Modelle und neben den Gleichstrommotoren gab es auch Wechselstrommotoren, wobei die 3-Phasen Drehstrommotoren in der Art der Kurzschlussläufer sehr erfolgreich geworden sind.

In diesem Aufsatz sollen die ersten Anfänge des Baues von Elektromotoren betrachtet werden. Diese beginnen mit der Erfindung des Elektromagnetismus in den 1820er Jahren und finden ihren Abschluss mit der Entdeckung des „dynamoelektrischen Prinzips“ im Jahre 1866. Bei der Erwähnung der physikalischen Grundlagen, die diese Entwicklung der Elektromotoren begleitet hat, müssen wir als ersten Beitrag mit der Entdeckung von Prof. Hans Christian Oersted vom Jahre 1820, dass ein elektrischer Strom auf eine Magnetnadel eine Kraftwirkung ausübt, beginnen. Anschließend war es vor allem Ampère, der mit seinen Arbeiten den Elektromagnetismus näher erforschte. Mit der Erfindung des Elektromagneten durch William Sturgeon im Jahre 1825 war ein wichtiger Baustein zum Bau von elektrischen Motoren gegeben. Die Verstärkung der magnetischen Wirkung mittels mehrerer Drahtwindungen war jedoch bereits 1823 von Schweigger mit seinem „Multiplikator“ gelungen. Johann Schweigger gilt auch als Erfinder der Isolation von Drähten mittels deren Umspinnung mit Seide. Soweit die Erwähnung von Meilensteinen der Physik zum Gebiet der Elektrizität.

Bei den folgenden Ausführungen stützen wir uns hauptsächlich auf verlässliche Quellen der Geschichtsforschung. Nur in einzelnen Fällen, so z.B. bei dem Motor von Egger wurde dazu auch auf Originalquellen zurückgegriffen. Der

Aufsatz ist dementsprechend als ein Auszug von bereits von Technikhistorikern erarbeiteten Fakten anzusehen. Ziel ist, wichtige Stufen der Entwicklung der Elektromotoren mit den ersten Konstruktionen dafür darzustellen. Damit soll es gelingen, ohne die etwas mühsame Arbeit des Auffindens auf sich nehmen zu müssen, das nötige Wissen darüber zu erhalten. Das Internet wird bei der Suche nach historischen Darstellungen, etwa in Wikipedia Eintragungen, absichtlich ausgeklammert.

Elektromagnetische Motoren mit rotierendem Anker

Bei den mittels Elektromagneten realisierten Motoren unterscheidet man zwischen zwei Arten der Bewegung; solche mit „rotierendem Anker“ und solche mit „hin- und hergehender Bewegung“.

Bei den Motoren, bei denen der Anker (früher auch „Armatur“ genannt) sich dreht, erzeugen Elektromagnete am Anker ein Drehmoment und damit eine antreibende Kraft. Es sei hier schon bemerkt, dass sich dieser Motorentyp schließlich als der wichtigste herausgestellt hat. Die Motoren mit „hin und hergehender Bewegung“ nehmen ihr Beispiel von der Dampfmaschine und realisieren mittels Elektromagneten eine hin- und hergehende Kraftwirkung auf einen Weicheisenstab (oder eine Weicheisenplatte), wobei über Pleuelstangen ein Schwungrad angetrieben wird. Beide Arten von Motoren wurden unmittelbar nach den Entdeckungen von Oersted und Ampère, besonders aber nach der Erfindung des Elektromagneten, von verschiedenen Persönlichkeiten gebaut.

Bei den Motoren mit drehendem Anker steht als erster das in Abb. 1 gezeigte „Barlowsche Rad“ aus dem Jahre 1823. Dieser Motor hat einen sternförmigen Anker aus Kupfer oder Messing dessen stromführende Spitzen in einen Quecksilbernapf eintauchen und damit über eine Batterie unter Strom kommen. Das vom Dauermagneten erzeugte Magnetfeld erzeugt in der jeweils eintauchenden Spitze eine Kraftwirkung, wodurch es zu einer Drehbewegung des Ankers kommt.

Em. O. Univ.-Prof. Dr. Franz Pichler ist Experte für Technikgeschichte und lebt in Puchenu bei Linz.

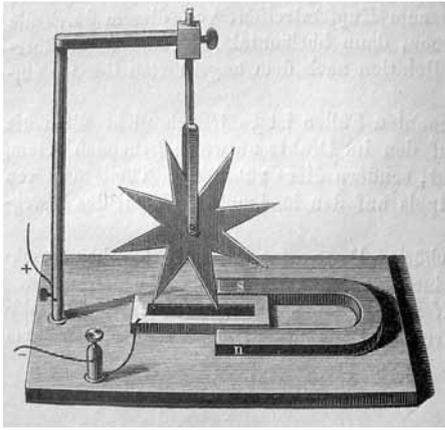


Abb. 1: Barlow'sches Rad

Eine im Prinzip bereits verbesserte Konstruktion stellt der im Jahre 1833 vom englischen Physiker Ritchie erfundene Motor, der in Abb. 2 zu sehen ist, dar. Wir sehen einen Dauermagneten und darüber einen drehbaren Elektromagneten, der über einen zweiteiligen „Kommutator“ über Quecksilberkontakte unter Strom gesetzt wird. Der Kommutator sorgt für eine abwechselnde Umpolung des Stroms im Elektromagneten, wodurch er sich dreht. Eine Verbesserung aus dem Jahre 1827/28 stellt der von Jedlik vorgeschlagene „Bewegungsapparat“ dar, der in Abb. 3 gezeigt ist. Hier benutzt Jedlik anstatt des Dauermagneten einen Elektromagneten in Form eines Solenoids.

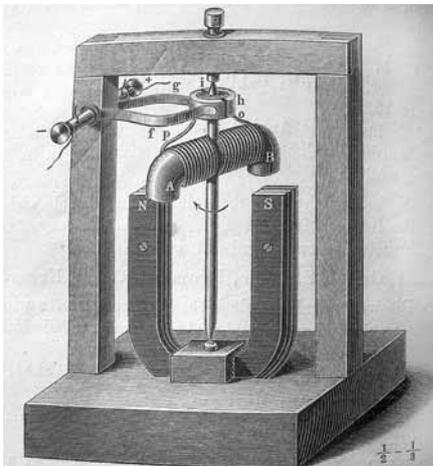


Abb. 2: Ritchie Motor



Abb. 3: Bewegungsapparat von Jedlik

Die elektrischen Motoren von Barlow, Ritchie und Jedlik dienten zur Demonstration im Rahmen physikalischer Versuche und erlangten keine praktische Bedeutung. Eine erste praktische Anwendung erfuhr der von Jacobi im Jahre 1835 zum erstenmal angegebene Motor.

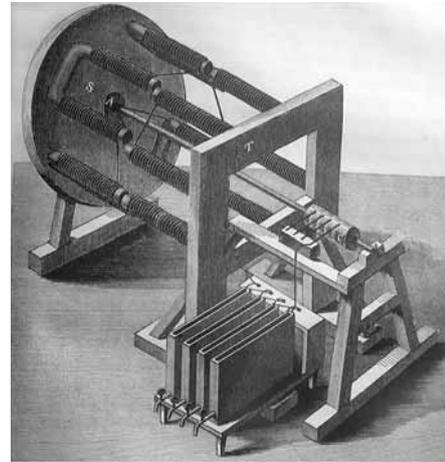


Abb. 4: Motor von Jacobi

Dieser ist in Abb. 4 gezeigt. Der Anker dieses Motors besteht aus vier als Hufeisen ausgebildeten Elektromagneten, denen als „Stator“ ebensolche Magnete gegenüberstehen. Ein spezieller Stromwender mit in Quecksilber eintauchenden Kontaktbürsten, den wir in Abb. 5 zeigen, sorgt für die abwechselnd richtige Einschaltung der Ankermagnete zur Erzielung einer Drehbewegung. Der von Jacobi im Jahre 1838 nach dem gleichen Prinzip gebaute Motor war in der Lage ein Boot mit 14 Personen anzutreiben. Ein anderer Motor, der hier noch erwähnt werden soll, ist der Motor von Störmer, mit dem es gelang, eine Drechselbank zu betreiben.

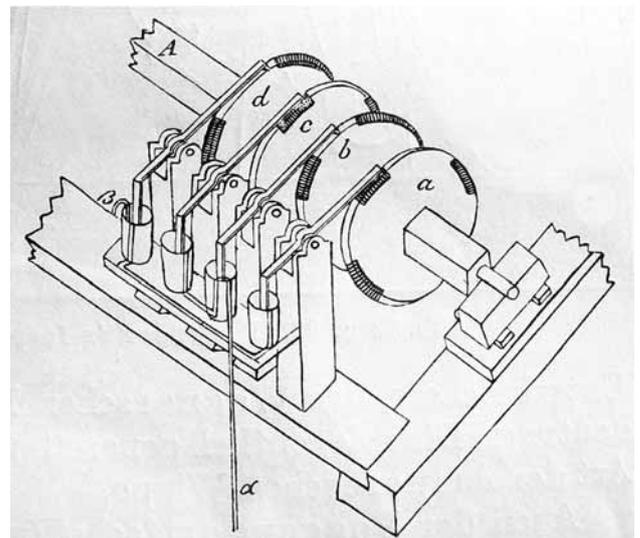


Abb. 5: Kommutator zum Jacobi Motor

Die Abb. 6 zeigt eine von d'Heureuse verbesserte Form der Störmer'schen Maschine mit einem aus drei Spulen bestehenden Stator und einem ringförmigen Elektromagneten als Anker, der jeweils über Kontakte von einer der drei Spulen eine Kraftwirkung erfährt.

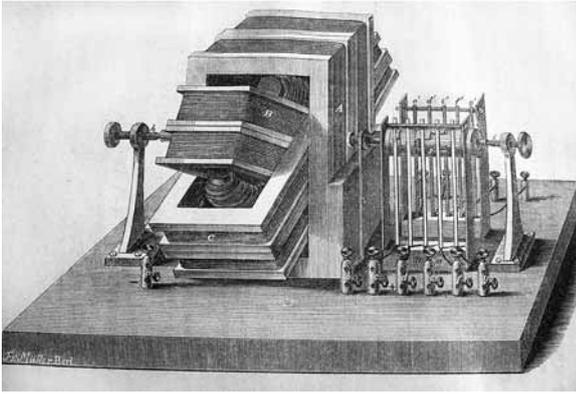


Abb. 6: Maschine von d'Heureuse

Ein bedeutenden Fortschritt in der Konstruktion von elektrischen Motoren mit „rotierender“ Bewegung erzielte im Jahre 1860 der Italiener Antonio Pacinotti (1841-1912) mit der Erfindung des Ringankers zusammen mit einem zugehörigen vierteiligen Kommutator: Der Anker besteht aus einem Weicheisenring, dessen Nuten jeweils eine Wicklung enthalten. Der Stator besteht, wie in Abb. 7 zu sehen ist, aus zwei Elektromagneten. Deren Felder geben dem Ringanker, dessen Spulen über den Kommutator in der jeweils richtigen Stellung unter Strom gesetzt werden, das nötige Drehmoment. Schon vor Pacinotti waren Ringanker dieser Art bekannt. Abb. 8 zeigt als Beispiel den Elektromotor des Niederländers Pieter Elias aus dem Jahre 1842.

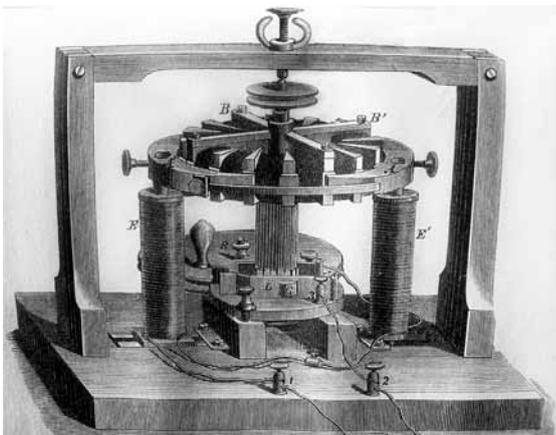


Abb. 7: Ringankermaschine von Pacinotti

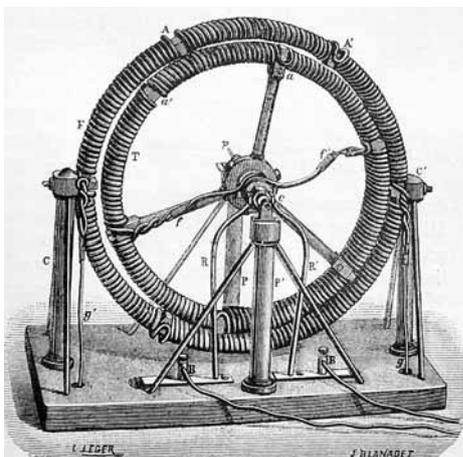


Abb. 8: Motor von Pieter Elias

Den praktischen Durchbruch der Ringankermaschinen, allerdings als Dynamomaschine, d.h. als elektrischer Generator, erreichte vor allem der Belgier Zénobe Théophile Gramme (1826-1901). Gramme Maschinen waren nach Entdeckung des dynamoelektrischen Prinzips die ersten praktisch erfolgreichen Maschinen, die sowohl als Dynamomaschine als auch als elektrischer Motor Anwendung fanden. Abb. 9 zeigt eine Gramme Maschine.

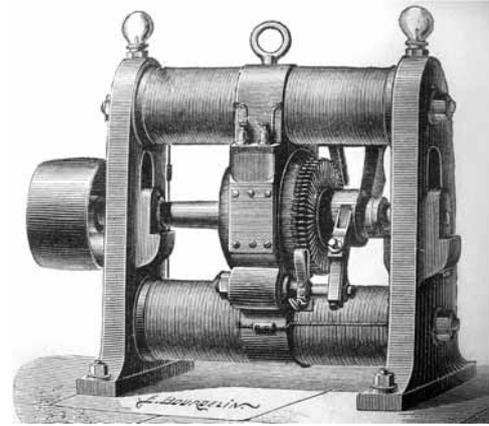


Abb. 9: Gramme Maschine

Elektrische Motoren mit „hin und her gehender Bewegung“

Nach dem Vorbild der Dampfmaschine von Watt lag es nahe, mittels Elektromagneten durch Anziehung und Abstoßung eines Weicheisenstückes in Form eines Stabes oder einer Platte (Anker) über eine Pleuelstange und Kurbelwelle ein Schwungrad in Drehung zu bringen. In der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts wurden mehrere elektrische Motoren dieser Art vorgeschlagen. Eine praktische Bedeutung erhielten sie aber nicht. Sie dienten als Demonstrationsgeräte in Schulen und Universitäten, wo sie bis heute in deren physikalischen Kabinetten zu finden sind.

Als erste Maschine dieser Art ist der elektromagnetische Apparat des italienischen Physikers Dal Negro vom Jahre 1830 zu nennen. Dal Negro erzeugte mittels eines Elektromagneten die Auf- und Abwärtsbewegung eines Balkens, der über eine Pleuelstange ein Schwungrad antrieb. Abb. 10 zeigt die Maschine von Dal Negro.

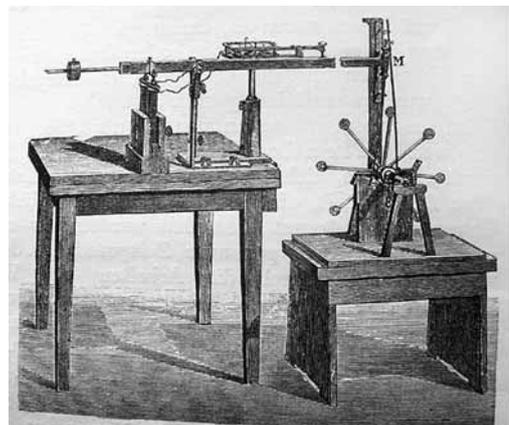


Abb. 10: Maschine von Dal Negro

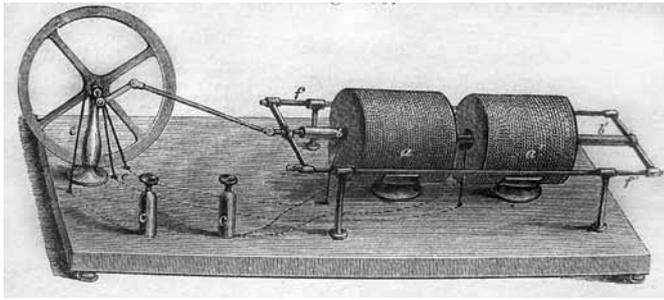


Abb. 11: Motor von Page

Die in Abb. 11 gezeigte Maschine des Amerikaners Charles Crafton Page (1812-1868) aus dem Jahre 1839 besteht aus zwei Magnetspulen, die abwechselnd unter Strom gesetzt einen Weicheisenstab hin und her bewegen und damit ein Schwungrad antreiben. Eine Verbesserung seiner Maschine erfand Page im Jahre 1846 (Abb. 12). Mit diesem größeren Motor soll er eine Drechselbank und eine Kreissäge betreiben haben.

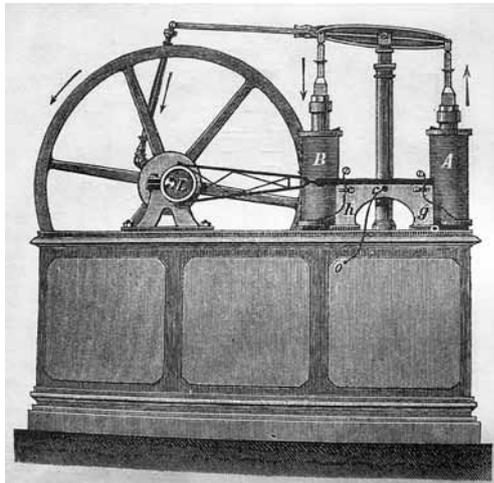


Abb. 12: Verbesserter Page Motor

Eine Konstruktion eines Motors mit „hin- und her gehender Bewegung“, die nicht nach dem Vorbild der Dampfmaschine funktioniert, stellt der Motor von Grüel aus dem Jahre 1853 dar. Hier wird durch die Schiefstellung des Ankers eine Schubwirkung auf die Pleuelstange und damit eine Drehung des Schwungrades erreicht (Abb. 13).

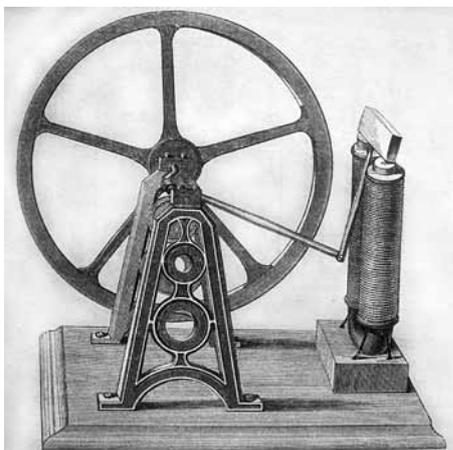


Abb. 13: Motor von Grüel

Die Motoren von Johann Kravogl und von Martin Egger S. J.

Zum Abschluss dieses Streifzuges durch die Frühgeschichte der elektrischen Motoren sollen noch zwei österreichische Beiträge, die zu ihrer Zeit durchaus über die Grenzen der Monarchie Beachtung fanden, behandelt werden. Es sind dies der Motor von Kravogl aus dem Jahre 1867 und der Motor von Egger S. J. aus dem Jahre 1875. Beide Motoren sind im Technischen Museum in Wien ausgestellt.

Der Motor von Kravogl

Vom Tiroler Erfinder und Mechaniker Johann Kravogl (1823-1889) stammt ein im Jahre 1867 erfundener elektrischer Motor - von Kravogl als „Kraftrad“ bezeichnet - der hier betrachtet werden soll. Die Berechtigung dazu ergibt sich vor allem wegen seiner eigenwilligen technischen Konstruktion, eine praktische Bedeutung hat der Kravogl Motor, nie erlangt.

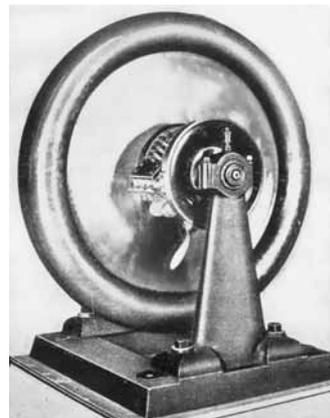


Abb. 14: Motor von Kravogl

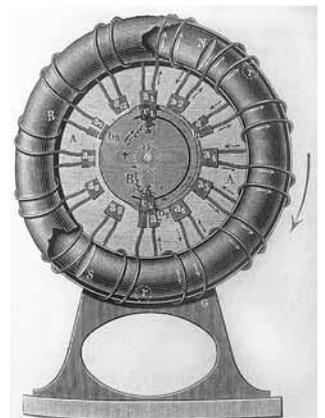


Abb. 15: Funktionsprinzip des Kravogl Motors

Abb. 14 zeigt den Motor von Kravogl. Dieser besteht aus einem hohlen über eine Achse drehbaren Ring aus Messing, der vollständig mit einer Wicklung mit Anzapfungen (vergleichbar mit einer aus Solenoiden bestehenden Ringankerwicklung) versehen ist. Innerhalb des hohlen Ringes befindet sich ein Segment (von ca. 1/3 des Umfanges) eines schweren Ringes aus Weicheisen, der über Rollen beweglich ist und durch die Schwerkraft nach unten zu liegen strebt. Die Drehung des äußeren Ringes kommt dadurch zu Stande, dass die über den mehrteiligen Kommutator über die Anzapfungen eingeschalteten Wicklungen das Ringsegment aus Weicheisen anziehen und dadurch den Ring in Drehung versetzen.

In Abb. 15 ist schematisch die Konstruktion dargestellt. Wie Pfandler in seiner Arbeit [4] und zusammenfassend auch in seinem Buch [5] erklärt, kann man den Kravogl Motor als eine Art eines Page Motors betrachten, wobei nun der sich hin und her bewegende Weicheisenstab durch das Ringsegment ersetzt ist und die beim Page Motor feststehenden Spulen beim Kravogl Motor durch die im Kreis bewegten Wicklungen des äußeren Ringes

ersetzt sind. Der Kravogl Motor ist also eine Art Aussenläufer Motor. Die Leistung des Motors von Kravogl wurde von Pfaundler mit 0.01 PS angegeben, wobei bei Verwendung von sechs Kohle-Zink Doppелеlementen ein Nutzeffekt von 15% erzielt wurde.

Der Motor von Egger S. J.

Vom Jesuitenpater Martin Egger (1832-1898), Professor für Physik am Gymnasium in Marienschein in Böhmen, stammt die beachtenswerte Konstruktion eines elektrischen Motors mit „hin und her gehender Bewegung“. Die technische Ausführung dieses Motors geschah durch die Prager Mechanikerwerkstätte H. W. Grund. Abb. 16 zeigt den Egger Motor, der im Buch von Pfaundler [5] beschrieben ist.

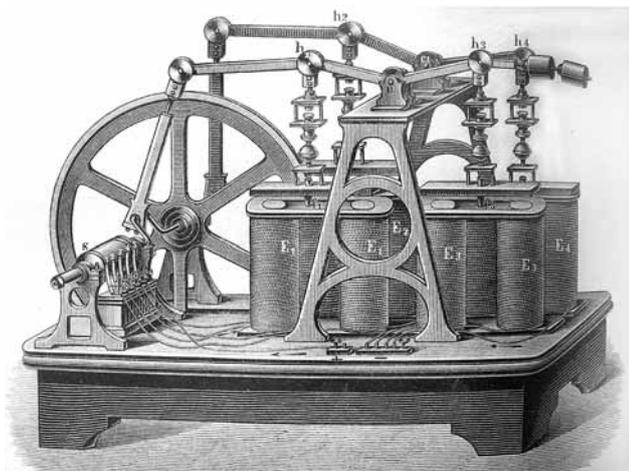


Abb. 16: Motor von Egger

Vier zweischenkelige starke Elektromagnete werden mittels eines Kommutators abwechselnd unter Strom gesetzt und ziehen damit die zugehörigen Anker an. Diese bringen über zwei Pleuelstangen das Schwungrad in Drehung. Von Prof. Rudolf Handmann S. J. wurde in den Wiener Sitzungsberichten der Österreichischen Akademie der Wissenschaften vom Jahre 1875 (erschieden auch in der Zeitschrift für Angewandte Elektrizitätslehre, München 1879) ein ausführlicher Bericht zur Konstruktion des Egger Motors und zu dessen theoretischen Behandlung als auch zu den durchgeführten praktischen Versuchen veröffentlicht.

Als Stromquelle dienten bis zu 7 Bunsen-Elemente, die bei den Versuchen in verschiedenen Kombinationen in Serie oder parallel geschaltet werden konnten. Als interessant, aber aus heutiger Sicht bereits als kurios, kann dazu angemerkt werden, dass dabei die Stromstärke in „Cubikcentimeter Knallgas per Minute“ gemessen wurde. Die Messung der Stromstärke in Ampere war damals offenbar noch nicht in Gebrauch. Die Kraftleistung des Motors von Egger wurde mittels Hebeversuchen (Aufziehen eines Gewichtes über eine Rolle) und auch mit einem Bremsdynamometer (Pronyscher Zaum) durchgeführt. Als bester Wert wurde ein Nutzeffekt von ca 25% erreicht, wobei die mechanische Leistung des Motors bei etwa 0,01 PS („Pferdekraft“) betrug. Nach den Ausführungen von Prof. Handmann bedeutete dies im Ver-

gleich mit anderen damals bekannten Motoren einen 7-8 mal besseren Nutzeffekt.

Zusammenfassung

Der Streifzug führte durch die Frühgeschichte der elektrischen Motoren. Alle diese Motoren hatten noch kaum eine praktische Bedeutung. Ihre Konstruktion hatte im Vergleich zu den späteren Konstruktionen, nach der Entdeckung des dynamoelektrischen Prinzips im Jahre 1866, noch erhebliche Mängel. Dementsprechend war ihr Wirkungsgrad, gemessen an der Effektivität der Umsetzung der Leistung der elektrochemischen Stromquellen in Form galvanischer Elemente in die damit erzeugte mechanische Leistung sehr gering. Auch die beiden von den österreichischen Erfindern Kravogl und Egger S. J. konstruierten Motoren, obwohl dies nach dem Jahre 1866 geschah, blieben ohne Bedeutung. Erst mit der Dynamomaschine wurde eine geeignete Stromquelle geschaffen, die es erlaubte elektrische Motoren mit einem höheren Wirkungsgrad zu bauen. Dabei trug die Erkenntnis, dass jeder Dynamo auch als Motor betrieben werden kann, wesentlich bei. Neben dem Gleichstrom-Motor mit einem Kommutator hat der Wechselstrom-Motor mit Schleifringen ab der Jahrhundertwende Einzug in die Praxis gehalten. Dabei ist heute der Drehstrom-Motor in der Art des Kurzschluss-Läufers sicher die wichtigste Form des Wechselstrom-Motors. Die Konstruktion elektrischer Motoren erfolgt heute unter Einsatz hochentwickelter Modellierungs- und Fertigungsverfahren der Elektrotechnik und des Maschinenbaus.

Literatur

- [1] Georg Dettmar: Die Entwicklung der Starkstromtechnik in Deutschland. Band I bis 1890. ETZ_Verlag GmbH., Berlin-Charlottenburg 1940
- [2] Otto Mahr: Die Entstehung der Dynamomaschine. In: Geschichtliche Einzeldarstellungen aus der Elektrotechnik. Fünfter Band. Verlag Julius Springer, Berlin 1941.
- [3] Dr. Julius Dub: Die Anwendung des Elektromagnetismus mit besonderer Berücksichtigung der Telegraphie. IX. Abschnitt: Die Versuche zur Anwendung des Elektromagnetismus als Triebkraft. Verlag Julius Springer, Berlin 1863, S. 605- 645.
- [4] L. Pfaundler: Ueber die Mantelringmaschine von Kravogl und deren Verhältnis zur Construction verbesserter dynamoelektrischer Maschinen. Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereins in Wien, 1. Jahrgang, Wien 1863. S. 113- 115, S. 141- 145.
- [5] Müller-Pfaundler: Lehrbuch der Physik und Meteorologie. Dritter Band, Braunschweig 1881.
- [6] Prof. Rud. Handmann, S. J.: Bericht über den Egger'schen elektromagnetischen Motor. in: Zeitschrift für Angewandte Elektrizitätslehre, 1. Jahrgang, Band 1, München 1879, S. 52-60, 77-107.