

Werner von Siemens

150 Jahre Magnet-Dynamo

Franz Pichler



Dr. Werner Siemens.

Einleitung

Werner von Siemens (1816- 1892), Gründer der heutigen Siemens AG, gehört zu den bedeutendsten Wissenschaftlern und Technikern des 19. Jahrhunderts. Seine Beiträge zur elektrischen Telegraphie, zu den elektrischen Maschinen und zum Telephon sind von außerordentlicher Bedeutung. Er vereinigte in seiner Person einerseits den sorgfältigen exakt arbeitenden Wissenschaftler und den innovativen Erfinder, andererseits besaß er auch das Talent, das Firmenimperium Siemens und Halske, das er zusammen mit seinen Brüdern leitete und das internationale Geltung erlangte, aufzubauen. Dieser Aufsatz soll dem 150-jährigen Jubiläum der Erfindung des Doppel-T-Ankers für magnetelektrische Maschinen, die von Werner von Siemens im Jahre 1856 gemacht wurde, gewidmet sein. Mit dieser Erfindung wurde eine wesentliche Verbesserung in der Konstruktion von Dynamomaschinen, vom einfachen Fahrrad-Dynamo bis zu den Generatoren unserer heutigen Kraftwerke, erreicht. Bevor wir im einzelnen diese wichtige Erfindung genauer betrachten, sollen jedoch die physikalischen Grundlagen dafür und die Frühgeschichte der Entwicklung der Dynamomaschinen und deren praktische Anwendung kurz beleuchtet werden.

Physikalische Grundlagen

Bereits in alter Zeit hatte man die Erfahrung gemacht, dass Blitze imstande sind, die Pole von Kompassnadeln umzudrehen. Eine Erklärung für dieses Phänomen konnte jedoch nicht gegeben werden. Es war dem dänischen Physiker Hans Christian Oersted vorbehalten, den Effekt, dass ein elektrischer Strom eine Magnetnadel ablenkt, zu entdecken (1820). Wir wissen, dass der französische Mathematiker Andre Marie Ampere die Experimente von Oersted unmittelbar bestätigte und die Resultate erweiterte. Ampere entdeckte, dass zwischen zwei stromführenden Drähten eine Kraftwirkung besteht. Weiter entdeckte Ampere, dass sich eine stromdurchflossene Spule (ein „Solenoid“) wie ein Stabmagnet verhält. Einen ganz entscheidenden Fortschritt

in der Erforschung der Beziehung zwischen elektrischen Strömen und magnetischen Feldern erzielte jedoch der englische Wissenschaftler Michael Faraday im Jahre 1831 mit der Entdeckung des Phänomens der Induktion. Faraday beobachtete, dass der Strom in einer auf einem Eisenring aufgewickelten Spule in einer zweiten Spule dort einen elektrischen Spannungszustand hervorbringt (d.h. diesen „induzierte“). Das Prinzip des „Transformators“, damals in Form des Funkeninduktors realisiert und praktisch angewendet, heute als möglichst brummfreier Ringtransformator für Halogenbeleuchtungen in Verwendung, war damit entdeckt. Die für unser Thema hier wichtige Entdeckung Faradays im Jahre 1831 war jedoch, dass ein Dauermagnet, der in einer Drahtspule bewegt wird, dort eine elektrische Spannung erzeugt. Faraday fand auch heraus, dass diese Spannung von der Stärke des Magneten (der Intensität des Magnetfeldes) und der Geschwindigkeit der Bewegung des Magneten abhängt (Induktionsgesetz von Faraday).

Damit war die Möglichkeit eröffnet, mittels mechanischer Arbeit elektrische Energie zu erzeugen, ein Umstand, der bis heute die Grundlage zur Entwicklung der dynamoelektrischen Maschinen (Elektrodynamos, Generatoren) ist. Hier soll noch ergänzt werden, dass Entdeckungen von Oersted, Ampère und Faraday nur dadurch möglich geworden sind, weil um 1820 bereits galvanische Elemente (Entdeckung des galvanischen Elementes durch den Italiener Alessandro Volta im Jahre 1800) genügend starke Ströme zu erzeugen imstande waren. Mit den Reibungsmaschinen, den traditionellen Stromerzeugern der Jahre zuvor, konnte wohl eine sehr hohe Spannung erreicht werden, jedoch nur sehr geringe Ströme. Die von Oersted, Ampère und Faraday beobachteten Effekte konnten also nicht früher entdeckt werden. Die wichtige Beziehung zwischen dem elektrischen Strom in einem elektrischen Leiter und der diesen erzeugenden elektrischen Spannung wurde im Jahre 1826 durch den Kölner Gymnasiallehrer für Physik Georg Simon Ohm entdeckt (Ohmsches Gesetz).

em. o. Univ.-Prof. Dr. Franz Pichler, Systemtheorie und Geschichte der Informationstechnik der Johannes Kepler Universität Linz

Entwicklung der Magnet-elektrischen Maschinen (Magnet-Dynamos)

Die Entdeckung des Induktionsgesetzes von Faraday regte sofort Praktiker und Physiker an, Maschinen zur Stromerzeugung zu bauen. Als erste solche Maschine gilt die des Pariser Instrumentenmachers Hippolyte Pixii vom Jahre 1832. Die Pixii-Maschine bestand im wesentlichen aus einem feststehenden Spulenpaar (als „Stator“) und einem darunter rotierenden Hufeisenmagneten (als „Rotor“).

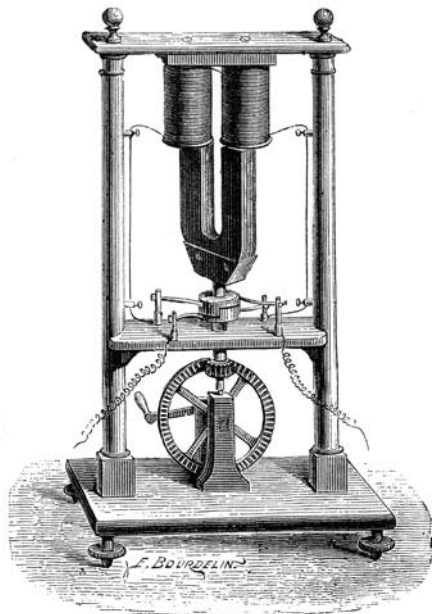


Abb. 1: Die Maschine von Pixii

Die im Jahre 1837 vom Londoner Mechaniker Edward M. Clarke konstruierten Maschine war gerade umgekehrt angeordnet: Ein Spulenpaar rotierte vor dem Spalt eines Hufeisenmagneten. Von ähnlicher Konstruktion war die Maschine von Andreas v. Ettingshausen, Professor für Physik an der Universität Wien, vom Jahre 1837, die als besonders leistungsfähig gegolten hat. Alle diese Maschinen hatten das Ziel, Gleichspannung zu erzeugen, um damit etwa eine Batterie von galvanischen Elementen ersetzen zu können. Dazu musste die davon erzeugte Spannung mittels eines mechanischen rotierenden Schalters, dem „Kommutator“, gleichgerichtet werden. Für „Wechselstrom“, den man durch Abgreifen mittels Schleifringen einfacher gewinnen kann, hatte man zur damaligen Zeit keine Verwendung.

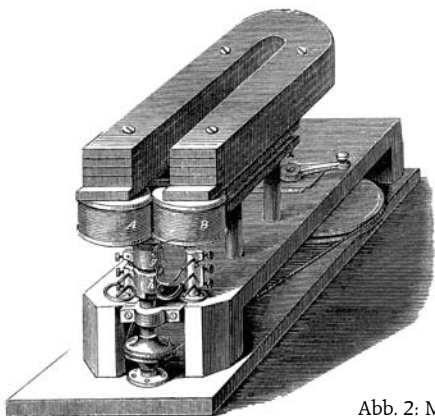


Abb. 2: Maschine von Clark

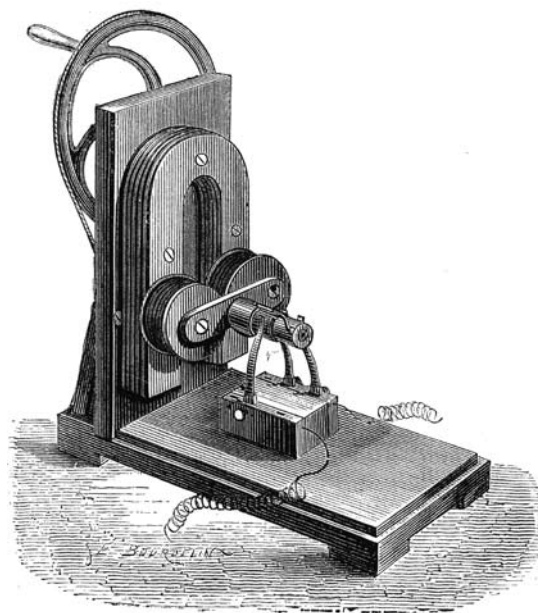


Abb. 3: Maschine von Ettingshausen

Technischer Einsatz der Magnet-Dynamo

Neben der Verwendung eines Magnet-Dynamos für physikalische Experimente im Unterricht an Schulen und Universitäten waren vor allem medizinische Anwendungen aktuell. Dabei wurde ein Patient entweder mit „Intensitätsstrom“ (hohe Spannung) oder mit „Quantitätsstrom“ (starker Strom) behandelt. Von Franz Petrina, von 1837 bis 1844 Professor am Lyzeum in Linz, dann als Professor für Physik an der Universität Prag, wurden zwei Maschinen für die Anwendung in der Medizin entworfen und in der Praxis eingesetzt. Eine andere wichtige Anwendung der Magnetinduktion, die ebenfalls sofort ins Auge gefasst wurde, betraf die elektrische Telegraphie.

Während bei den Telegraphie-Systemen nach Morse (Elektromagnet als Empfänger) und Wheatstone (Magnetnadel als Empfänger) mit einem bestimmten Code gebildete Gleichstromimpulse gesendet wurden, konnte mittels Magnet-Dynamos die Technik der Zeigertelegraphen mittels Wechselstromimpulsen verbessert werden. Die Anzahl der Stromstöße, die man durch Drehung eines Spulenpaares vor einem Dauermagneten erzeugen konnte, bestimmten dabei den gesendeten Buchstaben des Alphabets. Zeigertelegraphen dieser Art wurden in Deutschland von Stöhrer für die Telegraphenlinie von Bremen nach Bremerhaven im Jahre 1846 eingerichtet. In England verwendete Professor Wheatstone in seinem „Induktions-Zeigertelegraph“ vom Jahre 1858 dieses physikalische Prinzip. Auch der Magnetinduktions-Zeigertelegraph von Werner von Siemens des Jahres 1857, auf den wir bei der Besprechung der Erfindung des Doppel-T-Ankers noch genauer eingehen werden, gehört dazu. Im Gegensatz zur Medizin (die sich erst später auch Therapien mit Wechselstrom zuwandte, besonders solcher mittels hochfrequenter Teslaströme) fand der „Wechselstrom“ hier bereits Anwendung. Die einzelnen Telegraphensignale wurden abwechselnd aus positiven und negativen Impulsen, wie diese bei der Drehung der Rotorspulen er-

zeugt werden, gebildet. Diese Art von „polarisierter“ Telegraphie erwies sich als äußerst effektiv, da die Übertragungseigenschaften der Leitungen (Freileitungen, Kabel) dafür günstig sind und eine Regeneration der Signale mittels polarisierter Relais sehr gut möglich ist. Sie fand daher auch bei den späteren Telegraphenverbindungen über Seekabel, zum Beispiel bei den Transatlantikkabel (ab 1866 geregelter Telegraphenverkehr zwischen Europa und Amerika) eine Anwendung.

Großmaschinen mit Magnet-Induktion

Ganz kurz soll noch auf die weitere Entwicklung von Großmaschinen, wie solche für die Galvanoplastik und etwa für die Speisung von Bogenlampen in Leuchttürmen gebraucht wurden, eingegangen werden. Vielfach bestand die Methode zur Entwicklung von magnet-elektrischen Maschinen größerer Leistung darin, dass man die Anzahl der Spulenpaare vergrößerte. Es entstanden die 6-polige Maschine von Stöhrer (1846), die Mehrfachmaschine von Wheatstone (1841) und die Großmaschinen von Holmes (1857) und die der Alliance-Gesellschaft (1866).

Eine andere konstruktive Idee, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann, ist in den sogenannten Ringläufer-Maschinen realisiert. Diese Entwicklung führten zu den in der Praxis erfolgreich eingesetzten Dynamos mit Ringanker des belgischen Konstrukteurs Theophile Gramme und zu den Maschinen mit Flachringanker von Schuckert in Nürnberg.

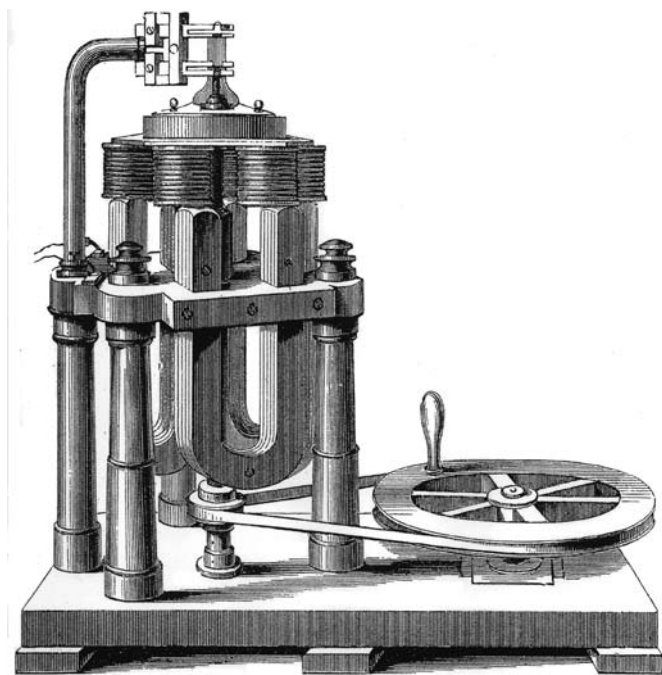


Abb. 4: Die 6-polige Maschine von Stöhrer

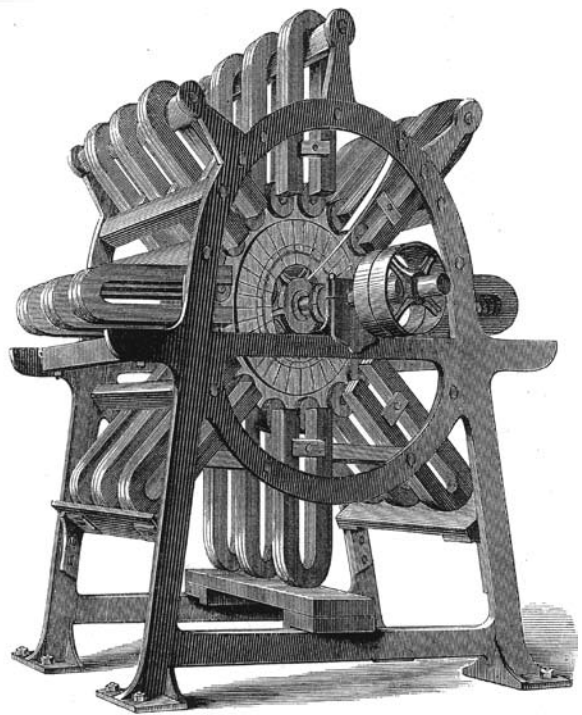


Abb. 5: Die Alliance Maschine

Der Doppel-T-Anker von Siemens

Die Zeigertelegraphen (auch öfters ABC Telegraphen genannt) waren besonders bei den Eisenbahnen beliebt. Man musste zur Bedienung im Gegensatz zu den Morse-Telegraphen kein Telegraphenalphabet (Morse-Code) beherrschen. Nachdem Werner von Siemens bereits mit seinem Zeigertelegraphen vom Jahre 1846, der mittels Selbstunterbrechung mit einem Wagner'schen Hammer arbeitete, sehr erfolgreich war, setzte er sich im Jahre 1856 die Aufgabe, für die Bayrischen Staatsbahnen einen Zeigertelegraphen auf magnet-elektrischer Basis zu konstruieren. Das im gleichen Jahr erzielte Ergebnis war der bereits vorher erwähnte Magnetinduktions-Zeigertelegraph (kurz auch „Magnetzeiger“ genannt). Die konstruktive Neuheit gegenüber den bisherigen magnet-elektrischen Maschinen bestand in der Erfindung des Doppel-T-Ankers. Dieser besteht aus einem Weicheisenzylinder (später zur Verhinderung von Wirbelströmen mit Lamellen ausgeführt) mit zwei gegenüberliegenden Längsnuten so dass sich ein doppel-T förmiger Querschnitt ergibt. In diese Längsnuten ist die Rotorwicklung aufgebracht. Der somit erhaltene „Doppel-T-Anker“ ist in seiner ganzen Länge ganz eng von einem Magazin von Stabmagneten umschlossen und ermöglicht so einen starken magnetischen Schluss. Die damit von Werner von Siemens geschaffene „Zylinder Armatur“ war gegenüber allen bisher bekannten Konstruktionen von magnet-elektrischen Maschinen neu und stellte konstruktiv eine wesentliche Verbesserung dar. Das dabei verwendete Prinzip wurde später auch in dem von Hefner von Alteneck konstruierten Trommelanker für Großmaschinen von Siemens & Halske verwendet. Auch die berühmten Dynamos von Edison machten davon Gebrauch. In der heutigen Zeit sind z.B. die Licht-

maschinen der Autos immer noch mit Trommelanker, im wesentlichen also mit einer „Zylinder Armatur“ von Werner von Siemens, ausgestattet.

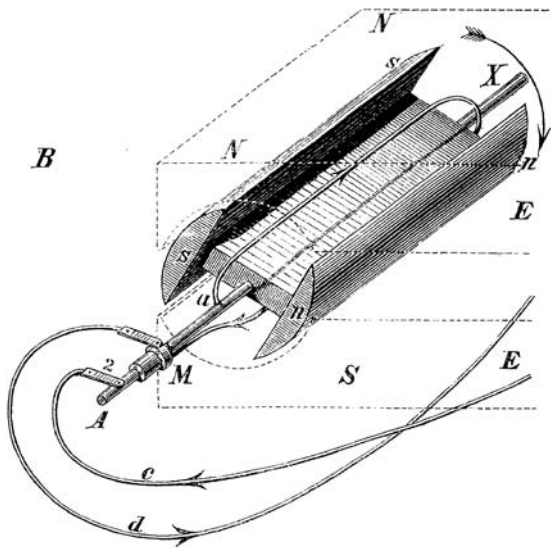


Abb. 6: Prinzip des Doppel-T-Ankers

und an die Bayrischen Staatsbahnen und an das Ausland geliefert. Der Magnet-Dynamo von Siemens und Halske fand darüber hinaus als „Läute-Induktor“ für Eisenbahn-Signale und auch zur elektrischen Minenzündung im Bergbau und beim Militär Anwendung. Eine weitere Anwendung in der Telegraphie bot die Errichtung der Indo-Europäischen Telegraphenlinie von London (über Russland, den Kaukasus und Persien) nach Kalkutta, die im Jahre 1870 fertiggestellt wurde und bis zum Jahre 1931 in Betrieb war. Während die Fa. Siemens Brothers, London (geführt von Sir William Siemens, Bruder von Werner von Siemens) für den Leitungsbau verantwortlich zeichnete, war die Ausstattung mit entsprechenden Apparaten der Firma Siemens & Halske, Berlin (mit Werner von Siemens als Chefkonstrukteur) aufgetragen. Es wurde Morse-Telegraphie dafür eingesetzt, wobei der Beginn und das Ende eines Punktes oder Striches (als elementare Bestandteile der Morsezeichen) jeweils durch einen positiven bzw. negativen Stromimpuls gekennzeichnet wurde. Neben einer manuellen Erzeugung der Morsezeichen durch eine Magnet-Induktionstaste verwendete Werner von Siemens auch die Speicherung von Telegrammen mittels Lochstreifen, die mittels eines Magnet-Induktors mit Doppel-T-Anker rasch gesendet werden konnten. Schließlich soll noch erwähnt werden, dass auch die erste Dynamomaschine von Werner von Siemens, die auf dem dynamoelektrischen Prinzip (Werner von Siemens 1866, Wheatstone 1866) beruhte und die heute im Original im Deutschen Museum in München bewundert werden kann, mit dem Doppel-T-Anker ausgestattet wurde.

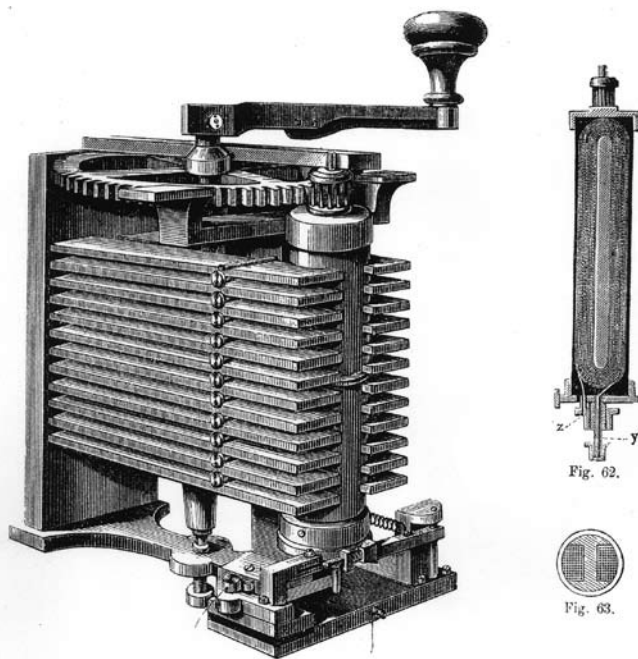


Abb. 7: Magnet-Dynamo von Siemens

Anwendung von Dynamos mit Doppel-T-Anker

Zum Abschluss sollen noch einige Anwendungen des Doppel-T-Ankers, die unmittelbar auf dessen Erfindung vor nunmehr 150 Jahren erfolgten, kurz besprochen werden. Die bereits erwähnten damit konstruierten Zeigertelegraphen (Magnetzeiger) wurden von Siemens & Halske von 1857 bis 1890 in verschiedenen Ausführungsformen erzeugt



Abb. 8: Magnetzeiger von Siemens

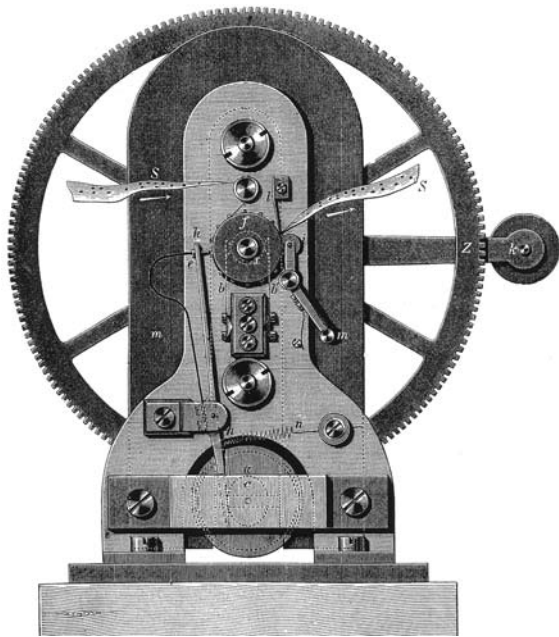


Abb. 9: Magnetinduktor mit Lochstreifen für die Indo-Europäische Linie

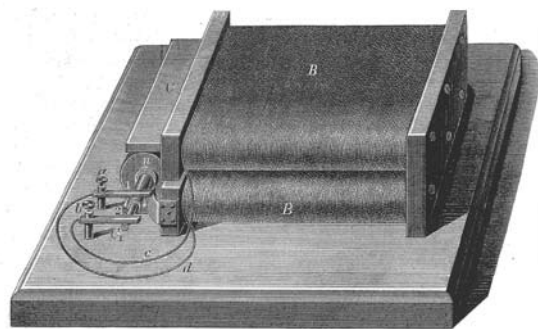


Abb. 10: Dynamo-elektrische Maschine von Siemens

Literaturhinweise

- Otto Mahr: Die Entstehung der Dynamomaschine.
In: Geschichtliche Einzeldarstellungen aus der Elektrotechnik (VDE Verlag Berlin) Fünfter Band, Verlag von Julius Springer, Berlin 1941.
- Werner von Siemens: Patentgesuch auf einen neuen magneto-elektrischen Zeigertelegraphen - Erste Anwendung des Doppel-T-Ankers (Siemens armature), 6. Juni 1856.
In: Werner Siemens: Wissenschaftliche und Technische Arbeiten. Zweiter Band.
- Technische Arbeiten, 2. Auflage, Berlin, Verlag von Julius Springer, 1891, Seite 108-113.
- Werner von Siemens: Das für die Indo-Europäische Linie bestimmte automatische Telegraphen-System. 1967. In: Werner Siemens: Wissenschaftliche und Technische Arbeiten. Zweiter Band. Technische Arbeiten, 2. Auflage, Berlin, Verlag von Julius Springer, 1891, Seite 260-275.
- Dr. Alfred Ritter von Urbanitzky: Die Elektrizität im Dienste der Menschheit. Hartleben's Verlag Wien, 1885.
- Th. Karras: Geschichte der Telegraphie. Vieweg und Sohn, Braunschweig 1909
- Franz Pichler: Franz A. Petrina's Magnet-elektrische Maschinen in Linz und in Prag in: 1933 CIRCULI 2003 (ed. Jana Nekvasilová), Prague Studies in the History of Science and Technology, New Series, Vol. 7, Prague 2003, Seite 231-238.