

<b>Zeitschrift:</b>	Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses
<b>Herausgeber:</b>	Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen
<b>Band:</b>	69 (1978)
<b>Heft:</b>	20
<b>Artikel:</b>	Die ersten 50 Jahre der Dynamomaschine : ein historischer Rückblick
<b>Autor:</b>	Imhof, A.
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-914947">https://doi.org/10.5169/seals-914947</a>

### Nutzungsbedingungen

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

### Conditions d'utilisation

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

### Terms of use

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

**Download PDF:** 17.02.2026

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

# Die ersten 50 Jahre der Dynamomaschine. Ein historischer Rückblick

Von A. Imhof

621.313.2 (091);

Die wichtigsten Entwicklungsschritte der Dynamomaschine werden nachgezeichnet, ebenso die Anfänge des um 1875 einsetzenden schweizerischen Dynamobaues. Der Schlussabschnitt befasst sich mit den Werkstoffproblemen, die den frühen Werdegang der Dynamomaschine begleiten.

L'auteur retrace les étapes les plus importantes du développement de la machine dynamo ainsi que les débuts de la construction de dynamos en Suisse (1875). Il traite également quelques problèmes de matières qui ont accompagné l'évolution première des dynamos.

## 1. Das Induktionsgesetz

Die Dynamomaschine hat unter allen Maschinen am meisten zur Entwicklung der elektrischen Starkstromtechnik beigetragen, zusammen mit dem Elektromotor, der ihr sehr wensensverwandt ist. Ihre Wirkungsweise fußt auf dem Induktionsgesetz, das im Jahre 1830 durch *Michael Faraday* und *Joseph Henry* entdeckt wurde. In einem umfassenden Werk über «Die gesamten Naturwissenschaften für das Verständnis weiterer Kreise und auf wissenschaftlicher Grundlage bearbeitet» aus dem Jahre 1873 [1]<sup>1)</sup> liest man im Kapitel «Die Induktion» den Satz: «Die schönste der Schöpfungen, welche der Riesengeist *Faradays* zum Segen der Menschheit hinterlassen hat, ist die Erregung von elektrischen Strömen durch elektrische Ströme und, da der Magnetismus ja aus elektrischen Strömen besteht, auch durch Magnete. In einem benachbarten Leiter, zum Beispiel einem Drahte, entstehen Ströme, wenn in der Nähe desselben ein Strom geschlossen, geöffnet, verstärkt, geschwächt, genähert oder entfernt wird, so wie auch wenn ein Magnet erzeugt, aufgehoben, verstärkt, geschwächt, genähert oder entfernt wird, und zwar sind die entstehenden Ströme, beim Schliessen, Verstärken, Nähern von entgegengesetzter Richtung mit dem erregenden Strom, dem Hauptstrom, beim Öffnen, Schwächen, Entfernen dagegen von gleicher Richtung mit dem Hauptstrom.»

Seither sind rund anderthalb Jahrhunderte verflossen, die ersten etwa 50 Jahre mit Vorschlägen heute primitiv anmutender Maschinchen, die letzten rund 100 Jahre mit der Weiterentwicklung der zu enormer Bedeutung gelangten praktischen Bauarten. Hier sollen nun die typischen Anfangsstadien dargestellt werden. Das Gebiet ist so umfangreich, dass eine Auswahl aus der Vielfalt der Ideen und der Realisierungen getroffen werden muss.

## 2. Erste Versuche

*Faraday* stellte selbst schon eine Induktionsvorrichtung her – man kann sie kaum schon als Maschine bezeichnen –, die er «*Magnetolectric generator*» benannte. Diese Vorrichtung vermochte die Magnetnadel abzulenken. Etwas ausgiebiger war die Vorrichtung von *Hippolyte Pixii*, einem Instrumentenmechaniker der Physiker *Arago* und *Ampère* (Fig. 1); sie ist durch *Ampère* 1832 an der Sorbonne demonstriert worden [3]. Der rotierende Magnet wog 2 kg, in der mit 50 m Draht gewickelten Spule über dem U-förmigen Eisenkern entstand Wechselspannung. *Pixii* [3] fertigte alsdann einen viel grösseren Generator mit einem Kommutator, so dass ein pulsierender Gleichstrom erzeugt wurde. Daraufhin erschienen bald weitere, freilich noch sehr primitiv anmutende Maschinchen, unter ihnen 1833 der Magnetgenerator von *William Ritchie* (Fig. 2) sowie derjenige von *Stöhrer* (Fig. 3).

<sup>1)</sup> Siehe Literatur am Schluss des Aufsatzes.

## 3. Der Übergang zum Maschinenbau

In konstruktiver Hinsicht ähnlich erscheint der Generator von *Clarke* 1837 (Fig. 4). Der Generator von *Woolrich*, 1844, war in einem massiven Holzgestell aufgebaut. Eine spätere, im Prinzip gleiche Ausführung dieses Generators verwendet ein Metallgestell und macht damit bereits einen konstruktiv fortgeschrittenen Eindruck (Fig. 5). Dies gilt indes in viel ausgeprägterem Mass für die Generatoren von *Holmes* (Fig. 6), der im Februar 1857 vorschlug, mit Strom von Generatoren die

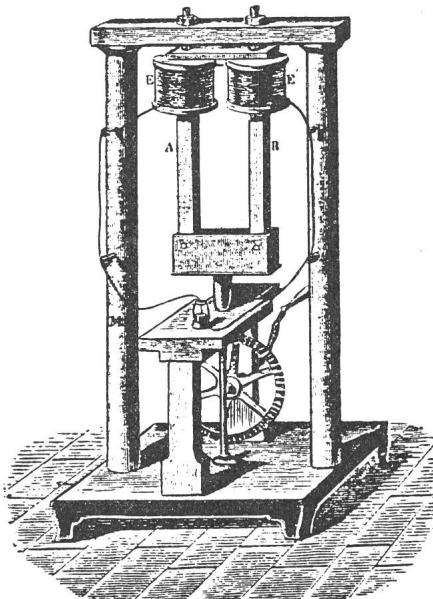


Fig. 1 Magnetgenerator von Pixii (1832) mit rotierendem permanentem Magnet, Eisenkern mit Drahtspulen [2]

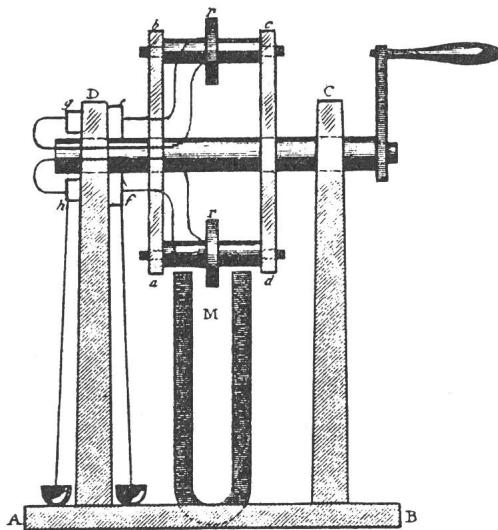


Fig. 2 Magnetgenerator von Ritchie [3]

Dauermagnet M, zwei Drahtspulen r, bei D der Kommutator

elektrischen Bogenlampen in den Leuchttürmen längs Englands Küste zu speisen. Solche Generatoren nach *Holmes* Patent waren 5 Fuss breit und  $4\frac{1}{2}$  Fuss hoch und wogen zwei Tonnen. Sie waren direkt gekoppelt mit einer Dampfmaschine von  $2\frac{1}{2}$  PS und 600 U/min.

Die Société l'Alliance in Paris, deren Chefingenieur ein Mitarbeiter von *Nollet* gewesen war, kaufte Ende 1855 *Nollets* Patent, konstruierte dessen Maschine neu und bemühte sich energisch um deren kommerzielle Verwendungen. Der Generator war indes zunächst wenig erfolgreich.

Zu jener Zeit wurden durch *E.P. Le Roux* experimentelle Studien über den Einfluss äusserer Widerstände, der Variation der Spannung mit der Geschwindigkeit usw. gemacht. Er fand, dass rund  $\frac{2}{3}$  der Antriebsenergie im Generator verloren gingen. Und da die Funken am Kommutator viel Energie verbrauchten, wurde dieser weggelassen, wonach die Maschine, nun als Wechselstromgenerator, viel wirkungsvoller war. Die Ergebnisse der auf Grund solcher Versuche verbesserten Konstruktion waren derart ermutigend, dass eine Maschine im Frühjahr 1859 im Hotel des Invalides demonstriert wurde.

Der Generator nach Fig. 7 wurde in den Jahren um 1860 bis 1870 durch die Société L'Alliance in verschiedenen Grössen gebaut, unter ihnen ein «Rotationsapparat» mit 164 «Induktionsspiralen», befestigt an Messingscheiben des Rotors, der, angetrieben durch eine Dampfmaschine von 2 PS, in der Minute 373mal gedreht wurde. «Jede Spirale ging bei einer Umdrehung an 16 Magneten vorüber, und es entstanden also in ihr bei jeder Umdrehung über 10000 elektrische Ströme, von denen die eine Hälfte der andern entgegengesetzt gerichtet ist.» [2]

Eine weitere fortschrittliche Bauart der Alliance-Maschinen war die von *De Meritens* erfundene (Fig. 8).

#### 4. Grosse Entwicklungsschritte

Sowohl die Maschinen von *Holme* wie diejenigen der Alliance wurden durch die «Dynamics» von *Gramme* und von *Siemens* weit übertroffen, dies in bezug auf Abmessungen, Gewicht, Kosten und Leistung. Letztere wurde damals in «Candles» gemessen. Tabelle I gibt hierüber Auskunft.

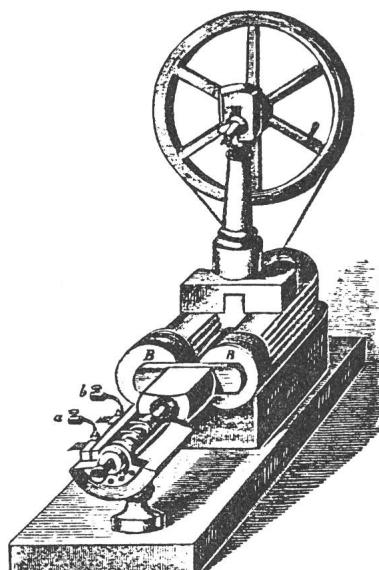


Fig. 3 Rotationsapparat von Störer [2]

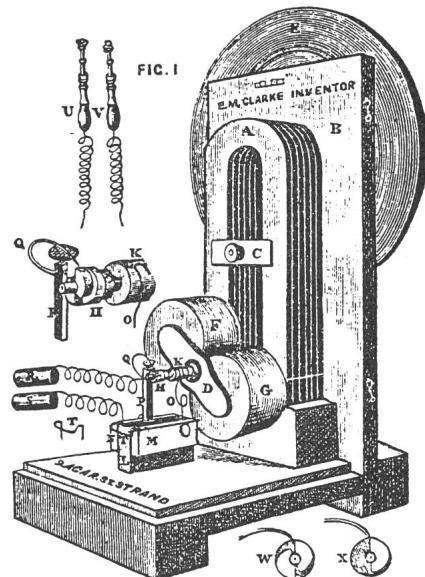


Fig. 4 Clarkes Magnetgenerator [3]

In [1] wird das Hauptmerkmal der Siemens-Maschine wie folgt beschrieben (Fig. 9): «Erst durch den Induktionscylinder von *Siemens* wurden die Maschinen bei geringem Umfange einer grossen Kraft fähig. Dieser Cylinder besteht aus weichem Eisen und enthält beiderseits fast bis an die Achse reichend, breite Nuthen, die mit zahlreichen Windungen eines feinen übersponnenen Kupferdrahtes erfüllt sind, indem derselbe, parallel zur Achse des Cylinders, der Länge nach um den Kern der Nuthen gewunden ist. Dieser Cylinder wird seiner Länge nach zwischen die beiden Pole, also zwischen die Schenkel eines ebensolangen Hufeisen-Stahlmagazins gelegt und dort in rasche Rotation versetzt.»

*Wilde* hat das Prinzip von *Siemens* weiterentwickelt und einen Erregergenerator aufgebaut [1] (Fig. 10): «Das Hufeisen-Stahlmagazin ist bei A sichtbar; zwischen seinen Polen liegt der Induktionscylinder E, der mittels des Schnurlaufes D in rasche Rotation versetzt wird. Die in dem Draht entstehenden Ströme gehen auf a und b über und werden von hier in einem dicken Drahte um die zwei parallel aufgestellten und oben durch eine Eisenschiene verbundenen Platten B von weichem Eisen geleitet, welches sich hierdurch in ein electro-magnetisches Hufeisen verwandelt, zwischen dessen Polen ein zweiter Induktionscylinder E<sub>1</sub> rotiert, dessen Draht an die Klemmschrauben a<sub>1</sub> und b<sub>1</sub> geht und hierdurch an die Drähte x und y unerhört starke Ströme ab liefert. Mit einer besonders grossen Maschine, in welcher die Ströme des zweiten Cylinders noch einen zweiten Electromagnet erzeugten, der auf einen dritten Cylinder wirkte, und die von einer Dampfmaschine bewegt wurde, welche die Cylinder in 1 Minute 1500mal umdrehte, hat *Wilde* vor der königlichen Gesellschaft für Wissenschaften in London 1867 grossartige Versuche angestellt; das Kohlenlicht blendete wie der Glanz der Mittagsonne, Gasflammen warfen dunkle Schatten und erschienen selbst bei hellster Leuchtkraft dunkelbraun ... Diese Maschine hat nicht bloss auf Leuchttürmen, sondern auch in der Industrie Eingang gefunden; das Rohkupfer wird durch ihren Strom galvanoplastisch gereinigt, Ozon wird zur Bleiche im Grossen erzeugt, Photographien werden mittels ihres Lichtes bei jedem Wetter ausgeführt.»

	Länge	Breite	Höhe	Preis £	Gewicht Tonnen	Aufgen. Leistung PS	Drehzahl pro min	Licht	
								konzentr. Candles pro PS	diffus Candles pro PS
Holmes	4'11"	4'4"	5'2"	750	2 $\frac{1}{2}$	3,2	400	480	480
Alliance	4'4"	4'6"	4'10"	500	1 $\frac{3}{4}$	3,6	400	540	540
Gramme Nr. 1 und Nr. 2	2'7"	2'7"	4'1"	300	1 $\frac{1}{4}$	5,3	420	1260	760
Siemens, gross	3'9"	2'5"	1'2"	265	1/2	9,8	480	1510	910
Siemens, klein, Nr. 58	2'2"	2'5"	10"	75	1/6	3,5	850	1580	950
Siemens, klein, Nr. 68	2'2"	2'5"	10"	75	1/6	3,3	850	2080	1250

Zu den grossen Fortschritten in der Technikgeschichte des Generatorbaues zählt die Erkenntnis der Selbsterregung durch den anfänglich schwachen remanenten Magnetismus des Eisens. Sie wird meist Werner Siemens zugeschrieben [4]. Indes wurden einige diesbezügliche Vorschläge schon 1851 gemacht durch Soren Hyorth in Dänemark und durch Wilhelm Sinsteden [5] in Deutschland 1861, ferner durch Moses Farmer in USA 1865. Doch führten diese Vorschläge noch nicht zu entsprechenden Entwicklungen. 1867 wurde das Prinzip der Selbsterregung gleichzeitig vorgeschlagen durch Werner Siemens, Charles Wheatstone und S. Alfred Varley. Die Vor-

schläge von Siemens und von Wheatstone sind am selben Meeting in London den Zuhörern unterbreitet worden.

Mehrere Jahre vor dieser Zeit, 1860, war von Antonio Pacinotti in Florenz eine wichtige Erfindung gemacht worden, die zwar damals nicht diejenige Wertschätzung fand, welche sie verdiente, die aber dennoch berufen war, der magnetoelektrischen Maschine eine neue Ära zu eröffnen. Ihr Prinzip ist in Fig. 11 ersichtlich: Die zu induzierende Drahtspirale zwischen den Magneten NS ist auf einen eisernen Ring gewunden, mehrere Ableitungen führen zum Kollektor R, von welchem der Strom durch Schleifkontakte entnommen wird [1].

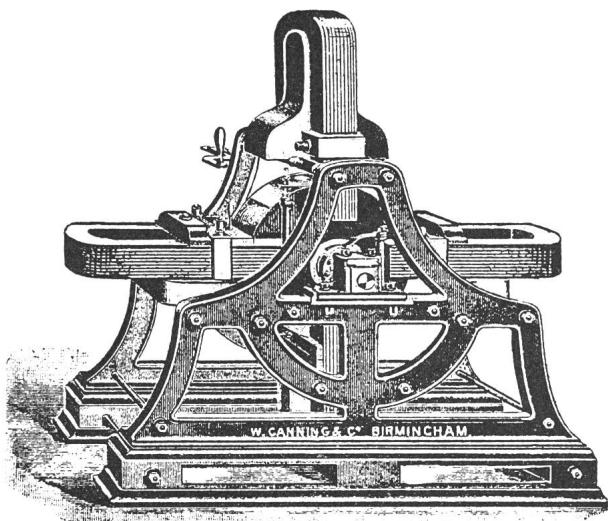


Fig. 5 Woolrichs zweiter Magnetgenerator (1851) [3]

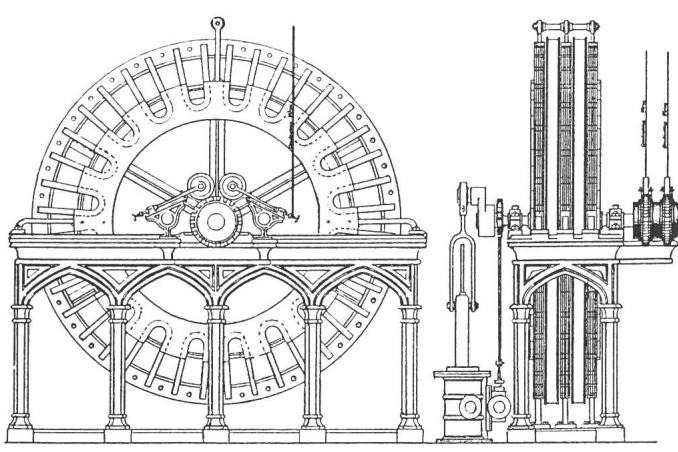


Fig. 6 Holmes Magnetgenerator  
Standort in Dungeness [3]

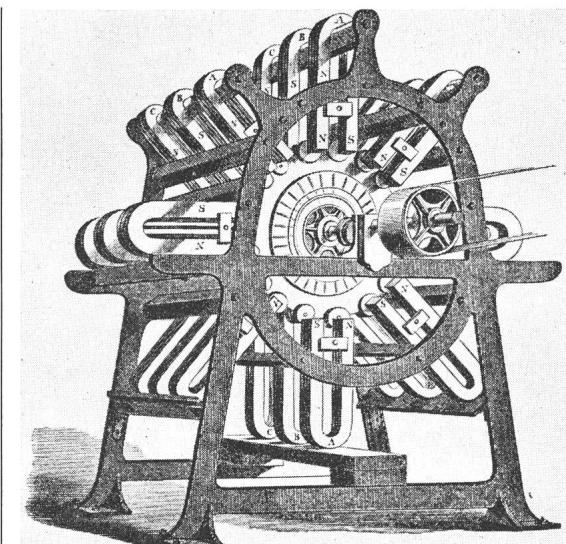


Fig. 7 Rotationsapparat (Generator)  
der Pariser Gesellschaft L'Alliance, für Beleuchtung  
8×3 Magnetbündel zu je 3 Magneten;  
373 U/min.; 48 rotierende Induktionsrollen [2]

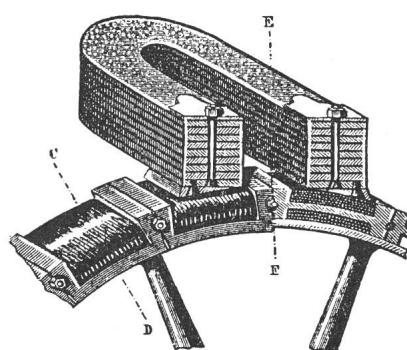


Fig. 8 Teilstück des Magnetgenerators von Meriten [3]

Die meisten Erfindungen haben Vorläufer, die mehr oder weniger klar schon in ihre Richtung deuten, so auch hier. Fig. 12 zeigt den Ringanker von *Elias* (etwa 1840), der zwar für einen Motor gedacht war. Die Drahtwindungen F zur Erzeugung der Magnetpole AA und auch die induzierten Windungen T des Ankers befinden sich auf je einem Eisen-drahtring.

Die Erfindung *Pacinottis* wurde zunächst für die Praxis kaum beachtet, so dass *Zenobe Gramme* in Paris mit seiner magnetoelektrischen Maschine (Patentgesuch vom 22. Nov. 1869), die auf ähnlichem Prinzip beruhte, Aufsehen erregen konnte. Gramme in Belgien war der erste, der die Dynamomaschine zu kommerziellem Erfolg brachte [7; 8]. Er schuf den Ringanker (Fig. 13), den er 1870 patentierte. Dazu trug seine hohe Konstruktionsbegabung wesentlich bei. Der erste Grammsche Generator erschien 1872 auf dem Markt. Zwei Jahre später verminderte Gramme die Abmessungen beträchtlich, und der magnetische Kreis wurde durch gegossene Eisenplatten über den Enden der mit der Erregerwicklung versehenen Kerne besser geschlossen. Zwei verschiedene Typen wurden konstruiert: Der eine für die damals bedeutungsvolle Galvanoplastik. Er wog 178 kg, wovon 47 kg der Kupferdraht. Der Antrieb erfolgte durch eine  $\frac{2}{3}$ -PS-Dampfmaschine mit 500 U/min. Der andere Typ (Fig. 14), bemessen für die Speisung von Bogenlampen, wog 700 kg, wovon der Kupferdraht für die Magnete 180 kg und für den Rotor 40 kg. Er konnte 500 Bogenlampen speisen, ja sogar 1000 bei doppelter Drehzahl. Eine leichtere Version war der 1876 erschienene «Type d'atelier», angetrieben durch eine 2-PS-Dampfmaschine mit 820 U/min (Fig. 15). 1878 erschien der Grammsche Generator für Bogenlampen, versehen mit rotierendem achtpoligem Erreger (Fig. 16), der einen konstruktiv sehr fortschrittlichen Eindruck macht. Dasselbe gilt für den 1860 gebauten Generator mit vier Aussenpolen, des weiteren für einen Generator mit einem sechspoligen Polrad und der induzierten Wicklung im Stator.

Einen weiteren recht prinzipiellen Fortschritt bedeutete der Trommelanker, vorgeschlagen im März 1872 von *Friedrich von Hefner-Alteneck*, Chefingenieur von Siemens und Halske in

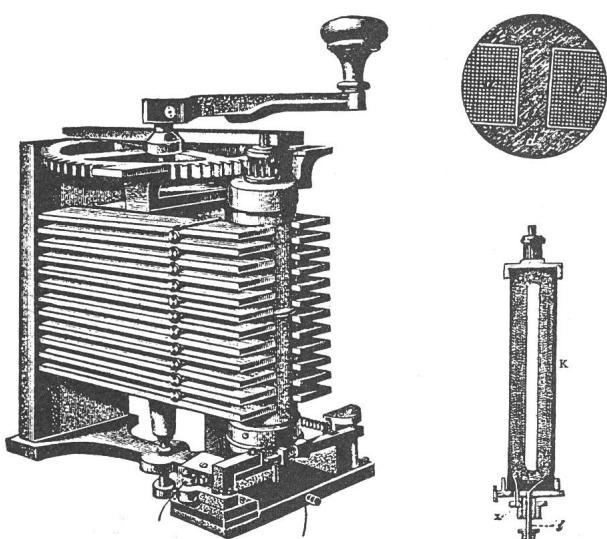


Fig. 9 Magnetgenerator von Siemens

Die Ankerspule K ist in einen Doppel-T-Eisenkern gewickelt;  
12 Magnete [2]

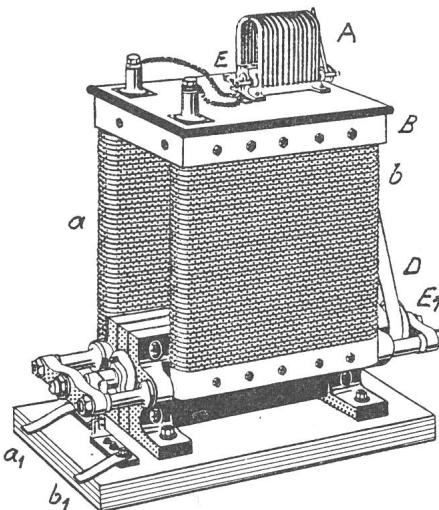


Fig. 10 Wildes Anwendung eines kleinen Magnetgenerators  
zur Speisung der Elektromagnete des Hauptgenerators [3]

Berlin. Eine solche Maschine (Fig. 17) war an der Wiener Ausstellung 1873 erstmals zu sehen. Anstatt wie bei *Gramme* die zu induzierenden Drahtwindungen der Aussenseite auf der Innenseite des hohlzylindrischen Ankers zurückzuführen, geschieht beim Trommelanker die Rückführung durch Nuten auf der Aussenseite. Damit hatte der Generator in grossen Zügen die bis heute bleibende Ausführung erlangt. Dies nach einer Entwicklungszeit von rund 40 Jahren seit der Entdeckung des Induktionsgesetzes. Man darf freilich noch mindestens ein Jahrzehnt dazurechnen, das nötig war, um etliche Mängel zu beheben und die theoretischen Grundlagen zu entwickeln, besonders hinsichtlich der Ausbildung der «magnetischen Kreise». Die Eisenverluste waren zu vermindern durch aus Blechen geschichtete Anker, der Kollektor der Gleichstromgeneratoren war zu verbessern und so noch manches.

Die Bewunderung für den erreichten Stand der Technik war gross. In dem genannten Werk aus der Zeit um 1873 liest man den Satz [1]: «Die dynamoelectriche Maschine steht mit demselben Rechte am Schlusse des Galvanismus, wie die *Holtzsche* Maschine am Schlusse der Reibungselectricität, indem mittels derselben, aber mit viel grösserer Kraft und Sicherheit, mechanische Arbeit direct, ohne irgend eine chemische oder magnetische Hilfskraft, in electrische Ströme und hierdurch in höchste Gluth und sonnenhelles Licht verwandelt wird. Sie ist also wie die *Holtzsche* Maschine ein glänzender Beweis dafür, dass die Electricität auch in den Rahmen des Princips von der Erhaltung der Kraft gehört.»

Es sei hier erwähnt, dass die Welt der Erfinder bald nach dem kommerziellen Erscheinen der Generatoren entdeckte, dass dieselbe Maschine als Motor verwendet werden kann. Gramme hatte dies schon 1870 in seinem Patent vermerkt, womit ein weit besserer Motor geschaffen war als alle bisherigen.

##### 5. Die Anfänge des schweizerischen Dynamobaues

Eine kurze Betrachtung sei hier auch der frühen schweizerischen Technik des Dynamobaues gewidmet. Diese setzte erst etwa um 1875 ein und konnte sich deshalb auf die skizzierte Entwicklung stützen, wobei immerhin bald in konstruktiver Hinsicht auch eigene Ideen zu verzeichnen sind.

Emil Bürgin konstruierte 1875 einen elektrischen Minenzünder als handbetriebene Gleichstromdynamo und im selben Jahr die ersten schweizerischen Gleichstromdynamos in vier Größen von 2...6 PS und mit Drehzahlen von 1400...1600 U/min (Fig. 18). Bei diesen bestand der Anker aus mehreren, hintereinander auf die Welle geschobenen, diesen ringförmig umgebenden, mit Draht bewickelten Eisenkernen von sechseckiger Form, deren Ecken in einer Schraubenlinie liegen. Neuartig war auch die Herstellung dieser Ankerkerne aus Bündeln weichen Drahtes, um die Eisenverluste niedrigzuhalten. Jede der 4 oder 6 Spulen eines Ringes endete auf Kommutatorsegmenten.

Bürgin und Alioth in Basel betrieben die erste schweizerische Fabrik für Dynamomaschinen eigener Bauart. In der 1881 gegründeten Firma De Meuron & Cuénod in Genf wurden Dynamomaschinen nach Lizenzen von Gramme und von Edison gebaut.

Nach der Landesausstellung 1883 erfuhr die schweizerische Technik der Dynamomaschinen eine sehr rasche Entwicklung, bei der die konstruktive Durchbildung mannigfach verbessert wurde. Aus dem theoretischen Studium des magnetischen

Kreises ergab sich die grösstmögliche Verkürzung desselben und besonders des Luftspaltes zwischen den Polschuhen und dem Ankerring. Im Jahre 1883 schuf Thury seine bemerkenswerte sechspolige Gleichstromdynamomaschine (Fig. 19), bei welcher sechs Magnetkerne rechteckigen Querschnittes ein Sechseck um den Anker bilden. An jeder Ecke waren zwei Magnetkerne mit nach innen gerichteten, kurzen Polschuhen angebracht. Das Magnetgestell bestand aus Schmiedeeisenstücken mit geschliffenen Endflächen, die mittels Schrauben untereinander verbunden waren. Unter den vielfältigen Bauformen war es hernach besonders der aus England stammende sogenannte Manchester Typ, der grosse Verbreitung fand.

Zwischen dem Jahr 1886, in dem das erste schweizerische Kraftwerk (Thorenberg) entstand und dem Jahr 1900 wurden in der Schweiz 40 Wasserkraftwerke erbaut. Die Leistung der verwendeten Generatoren lagen zwischen 60 und 1200 kVA, die Drehzahlen zwischen 28,5 und 560 U/min; die Klemmenspannungen betrugen 100 bis 10100 V, meist zwischen 2000 und 8000 V.

Über den späteren Generatorbau, der gigantische Entwicklungen in bezug auf die Grösse der Leistung und die Höhe der

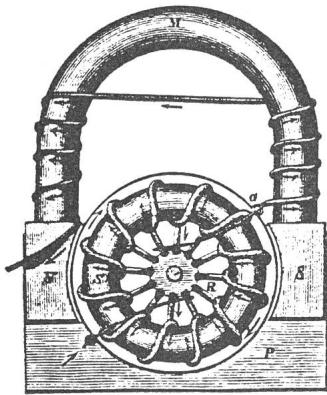


Fig. 11 Prinzipskizze der Ringankermaschine von Pacinotti [2]

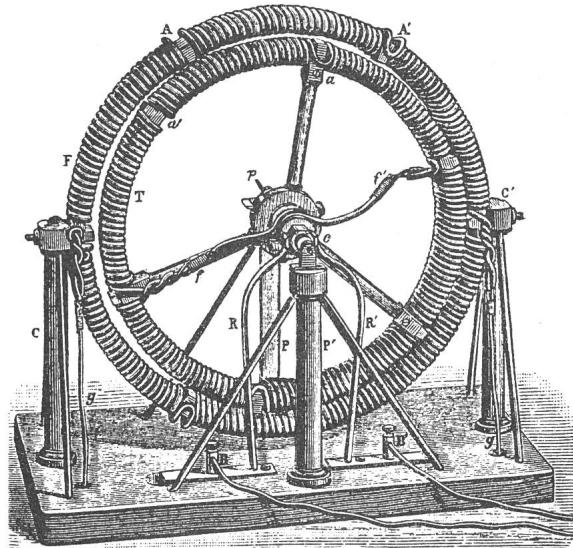


Fig. 12 Generator mit Ringanker von Elias 1840 [3]

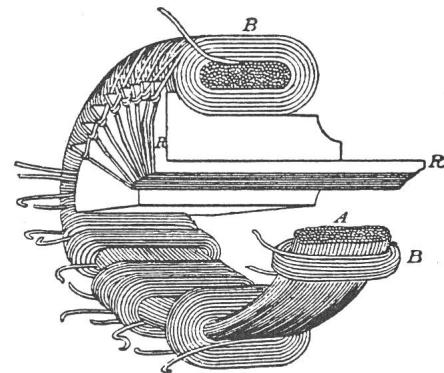


Fig. 13 Grammes Ringanker [3]

Die vielen Spulen (B) sind mit Kommutatorplatten (R) verbunden

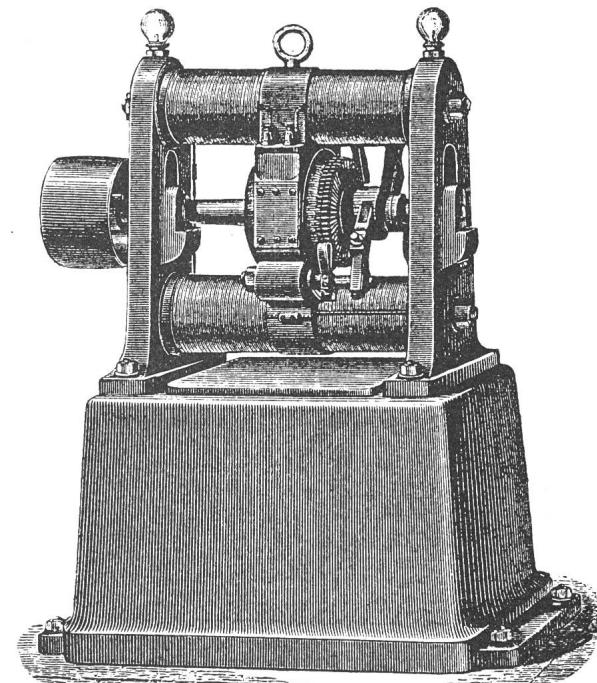
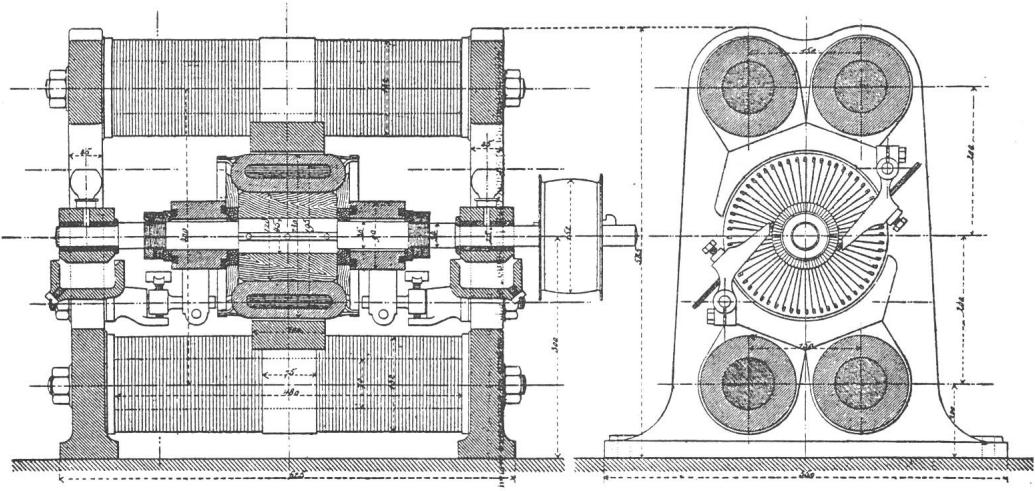


Fig. 14 Grammes «type d'atelier dynamo 1877» [3]

Fig. 15

Grammes «type d'atelier dynamo 1876» zur Speisung von Bogenlampen [3]



Spannung, der mannigfachen Anpassung an die verschiedenartigen Wasserturbinen, an Dieselmotoren, vor allem dann an die sehr schnellaufenden Dampfturbinen und Gasturbinen erforderte, wobei die schweizerische Technik führende Positionen errang, berichtet eine Übersicht von E. Dünner [11], auf die hier verwiesen sei.

## 6. Die Werkstoffe

Bei Betrachtungen über die Entwicklung der Dynamomaschinen darf nicht übersehen werden, dass beträchtliche Werkstoffprobleme bestanden, besonders in bezug auf die elektrische Isolation und hinsichtlich des «magnetischen Kreises».

Versuche mit stromdurchflossenen Leitern begannen erst um 1820. Die Wicklung von Faradays erster Magnetspule (1831) bestand aus blankem Kupferdraht, der auf einen Hohlyylinder aus mit Harz getränktem Holz gewunden war. Die Windungen waren mit Leinenbändern umwickelt, und zwischen die Drahtlagen war Baumwolltuch eingelegt. Das Ganze war mit einer Mischung von Harz und Schellack getränkt.

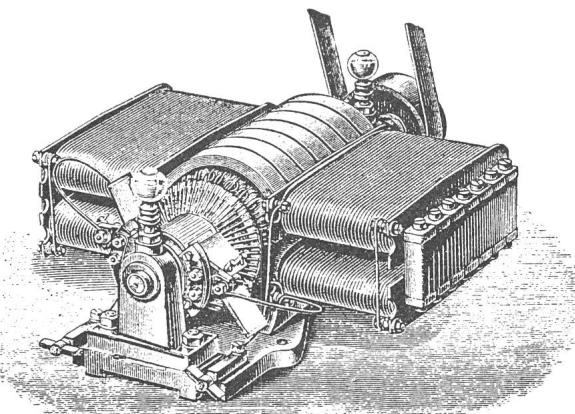


Fig. 17 Dynamo von Siemens und Halske 1876 [3]

Schweigger ist der Erfinder der Seideisolation für Drähte, er imprägnierte diese mit Lack. Zur Seideumspinnung trat dann, für dicke Drähte, die Baumwollumspinnung. Diese Isolation wurde manchmal noch umklöppelt.

Eine wichtige Erfindung, etwa um 1870, war die Glimmerisolation zwischen den Kollektorlamellen der Gleichstromdynamos. Die Glimmersplittings wurden aus Ceylon, Indien oder Kanada bezogen. Sie wurden mit Kleblacken zu Tafeln von 1...2 mm Dicke und zu ringförmigen Kragen für die Frontisolierung der Kollektoren gepresst, zwischen heissen eisernen Formen. Für die Isolierung und den mechanischen Schutz der Drähte in den Ankernuten bot der für andern Gebrauch seit 1775 bekannte Preßspan ein zähes Material [9].

Künstliche Magnete spielten in der Entwicklung der Dynamomaschinen eine grosse Rolle. Während sie bis anhin fast nur für Kompassnadeln, Experimente und gelegentlich sogar als Heilmittel gegen Krankheiten verwendet wurden, kamen sie in den Zeiten etwa von 1833 bis 1880 als sehr grosse Erregermagnete der Dynamomaschinen zur Anwendung. Dabei wurden jeweils mehrere Magnetbleche aufeinander geschichtet. «Da harter Stahl die magnetische Beschaffenheit dauernd behält, so erzeugte man sich künstliche Magnete, indem man Stahlstäbe immer in derselben Richtung mit einem kräftigen schon vorhandenen, gleichviel ob natürlichen oder künstlichen Magnet bestrich. Jetzt bedient man sich zu diesem Behufe der elektrischen Ströme. Mehrere solcher magnetischer Stäbe vereinigt man zu einem Bündel, und gewöhnlich biegt man sie in Form eines Hufeisens zusammen.» [2].

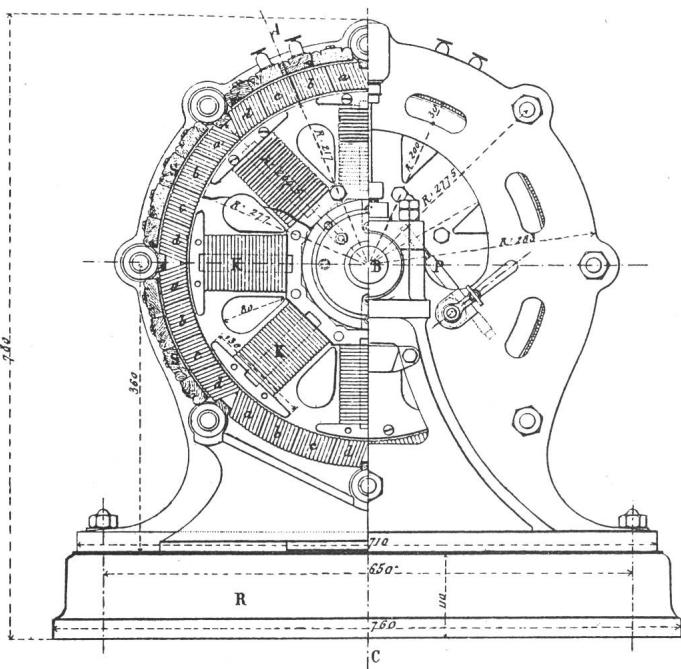


Fig. 16 Grammes Generator 1878 zur Speisung von Bogenlampen [3]

Der Rotorstrom wurde durch einen kleinen Generator «type d'atelier» geliefert

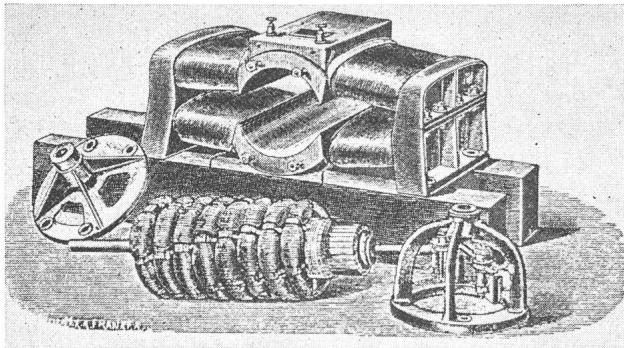


Fig. 18 Gleichstromdynamo von Emil Bürgin 1875 [12]

Die ersten systematischen Untersuchungen des magnetischen Verhaltens von Weicheisen für die «magnetischen Kreise» der Dynamomaschinen begannen erst 1899 durch *J. Hopkinson*.

Der Ersatz der bisher für die Stromabnahme am Kollektor gebräuchlichen Kupferblech- und Kupfergazebürsten durch solche aus sehr harter Kohle oder Graphit wird der Firma *Siemens* zugeschrieben.

#### Literatur

- [1] Die gesamten Naturwissenschaften. 3. Auflage. 1. Band. Essen, Verlag G.D. Bädeker, 1873.
- [2] Die elektromagnetischen Apparate. In: *J. Zöllner*: Geschichte der Physik. Band II: Das Buch der Erfindungen, Gewerbe und Industrien. 8. Auflage. Berlin/Leipzig, Verlag Otto Spamer, 1885.
- [3] *W.J. King*: The development of electrical technology in the 19th century. Part 3: The early arc light and generator. Bulletin of the United States National Museum 228(1961/62)30, p. 334...407.
- [4] *W. Siemens*: Über die Umwandlung von Arbeitskraft in elektrischen Strom ohne Anwendung permanenter Magnete. Monatsberichte der königlich-preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin -(1867)1, S. 55...58.

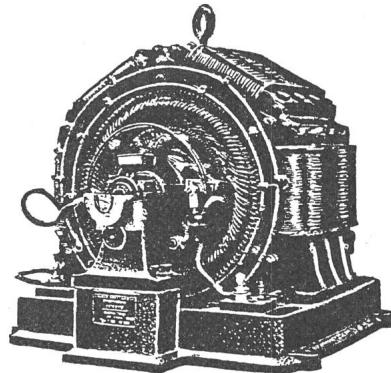


Fig. 19 Sechspoliger Gleichstromdynamo von R. Thury 1883 [12]

- [5] *W. Sinisteden*: Über die Anwendung eines mit einer Drahtspirale armierten Stahlmagnets in der dynamo-elektrischen Maschine. Annalen der Physik und Chemie 137(1869)2, S. 289...296.
- [6] *Z.T. Gramme*: Sur une machine magnéto-électrique produisant des courants continus. Comptes rendus hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences 73(1871)3, p. 175...178.
- [7] *Z.T. Gramme*: Sur les nouveaux perfectionnements apportés aux machines magnéto-électriques. Comptes rendus hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences 79(1874)21, p. 1178...1182.
- [8] *O. Colson*: Zénobe Gramme: Sa vie et ses œuvres. Wallonia 11(1903), p. 261...279.
- [9] *A. Imhof*: Geschichte der elektrischen Isolationstechnik. Schweiz. Techn. Ztschr. 64(1967)1/2, p. 1...43.
- [10] *W. Wyssling*: Die Entwicklung der schweizerischen Elektrizitätswerke und ihrer Bestandteile in den ersten 50 Jahren. Zürich, SEV, 1946.
- [11] *E. Dünner*: Die Entwicklung der elektrischen Maschinen. Bull. SEV 48(1957)11, S. 501...506.
- [12] *K. Sachs*: Der Anteil der Schweiz an der Elektrotechnik (Elektromaschinen- und -apparatebau). In: Die Schweiz und die Forschung. Bd. I. Bern, Hans Huber Verlag, 1943; S. 163...214.

#### Adresse des Autors

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

## Literatur – Bibliographie

DK: 621.-192 : 621.38-192

SEV-Nr. A 700

**Initiation à la fiabilité en électronique moderne.** Par *Titu I. Bajenesco*. Paris e. a., Masson/Estavayer-le-Lac, Ch.-A. Arm, 1978; 4°, 119 p., fig., tab. Prix: bro. Fr. 35.-.

La fiabilité est une caractéristique d'un dispositif exprimée par la probabilité qu'il accomplit une fonction requise dans des conditions données, pendant un temps donné. La nécessité d'assurer cette caractéristique (et aussi, s'il y a lieu, la maintenabilité, la disponibilité et la sécurité) est devenue impérative pour un grand nombre de produits; en particulier dans le domaine aérospatiale, militaire, médical, de l'automatisme, des télécommunications et de l'approvisionnement de l'énergie.

L'auteur se propose de donner dans son livre une introduction pratique aux méthodes de la théorie de la fiabilité. Celui-ci est structuré en 10 chapitres: un chapitre introductif; quelques notions fréquemment utilisées; les bases mathématiques; échantillon, estimation, confiance; redondance et fiabilité; le programme de fiabilité; prévisions de fiabilité; essais de fiabilité; fiabilité, maintenabilité, disponibilité; la fiabilité et l'influence de l'environnement. Il contient aussi un glossaire et un index.

Le livre a sans doute le mérite de faciliter une approche pratique des problèmes de fiabilité. Il donne un aperçu assez complet des méthodes classiques utilisées dans les analyses de fiabilité. Il est donc regrettable qu'il contienne un certain nombre d'imprécisions qui rendent sa lecture difficile; p. ex.: la confusion entre grandeurs observées et grandeurs réelles (p. 24, 30, 31, 37, 95), la confusion de différents risques d'erreur (p. 43) et celle entre la distribution du  $\chi^2$  et la distribution multinominale (p. 38); la validité limitée des équations 2.18, 7.29 à 7.34, 9.10 à 9.13; les exemples de la p. 54; l'analyse de la redondance en attente (p. 53).

*A. Birolini*

SEV-Nr. A 703

**Elektrische Kraftwerke und Netze.** Von *H. Happoldt* und *D. Oeding*. 5. Auflage. Berlin/Heidelberg/New York, Springer-Verlag, 1978; 8°, XII/673 S., 508 Fig., Preis: geb. DM 198.-.

Das Buch gibt einen guten Überblick über Energieerzeugung und Verteilung. Der Hauptteil ist der Energieverteilung gewidmet, vor allem der Darstellung und Berechnung von Drehstromnetzen mit Hilfe der symmetrischen Komponenten.

Als erstes wird ein Überblick über verschiedene Kraftwerkstypen gegeben und auf grundlegende Gesetzmäßigkeiten bei deren Planung und Betrieb hingewiesen. Drehstromgeneratoren und Grundlagen der Kraftwerkregelung werden ausführlich beschrieben. Weiter werden sämtliche Elemente der Transformation, Übertragung und Verteilung ausführlich und verständlich behandelt. Hingegen wird nicht auf den Relaischutz von elektrischen Maschinen und Netzen eingegangen. Ein Anhang mit verschiedenen Tabellen über Schaltzeichen, Kennwerte und Ersatzschaltungen der vorhergehenden Kapitel, sowie ein ausführliches Literaturverzeichnis runden das Buch ab.

Jedem Elektroingenieur, der sich in das Gebiet der Energieerzeugung und Verteilung einarbeiten möchte, wird das Buch eine grosse Hilfe sein. Auch für Elektroingenieurstudenten der Richtung Energietechnik ist das Buch gut geeignet. *A. Schweizer*