

Norbert Gilson
Walter Kaiser

Elektrizität – Energie – Information

Die Geschichte der Fakultät für Elektrotechnik
und Informationstechnik an der RWTH Aachen

Diepholz · Berlin 2017

GNT-Verlag

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <<http://dnb.ddb.de>> abrufbar.

GNT-Verlag GmbH
Schloßstr. 1, 49356 Diepholz, Germany

www.gnt-verlag.de

ISBN 978-3-86225-513-9 (PDF)
Unveränderte Fassung der Printausgabe von 2010
Alle Rechte vorbehalten – ALL RIGHTS RESERVED

Inhalt

Vorwort	7
Einleitung	8
1 Die Etablierung der Elektrotechnik an der TH Aachen	11
2 Der Aufschwung der Elektrotechnik	18
3 Die klassische Ausprägung der Elektrotechnik	24
4 Konsolidierung und Eigenständigkeit – Die 1950er Jahre	41
5 Ausbau durch Ausdifferenzierung	57
5.1 Von der Starkstromtechnik zur Elektrischen Energietechnik.....	57
5.2 Eine Interimslösung – Die »Allgemeine Elektrotechnik« als Fachgebiet	64
5.3 Die Ausdifferenzierung der Nachrichtentechnik	69
6 Neue Herausforderungen – Halbleitertechnik und Digitalrechner	74
6.1 Die Innovation der 1960er Jahre – Die Etablierung der Festkörperelektronik	75
6.1.1 Die Gründung des Instituts für Halbleitertechnik	75
6.1.2 Der Ausbau von Halbleitertechnik und Mikroelektronik.....	78
6.2 Datenverarbeitung und Digitaltechnik als neue Herausforderungen – Die Entstehung der Technischen Informatik	82
6.3 Die Entwicklung der Studienpläne von 1950 bis 1973	90
6.4 Raumnot und Neubauplanung	93
6.5 Konzepte für den weiteren Ausbau der Fakultät	95
7 Weichenstellungen für neue Fachgebieten-Strukturen	99
7.1 Die Modernisierung der Fachinhalte	99
7.2 Neue Fachgebiete – Messtechnik und Regelungstechnik.....	108
7.3 Die Suche nach einer Orientierung für den weiteren Ausbau der Fakultät ..	112
7.4 Die Innovation der 1980er Jahre – Die Etablierung der Medizintechnik an der Fakultät Elektrotechnik	115
8 Die Elektrotechnik auf dem Weg ins 21. Jahrhundert	122
8.1 Umbrüche in der Energietechnik	122
8.2 Kommunikationstechnik – Systemtechnik und Entwurfsorientierung im Zeichen der Mobilkommunikation	130

8.3	Von der Technischen Informatik zu den Informationstechnischen Systemen	142
8.4	»Future made in Aachen« – Von der Mikroelektronik zur Nanotechnologie	146
8.5	Der Ausbau der Medizintechnik	152
9	Elektrotechnik und Informationstechnik heute – Eine Standortbestimmung	157
9.1	Die Forschung auf Grenzgebieten – Interdisziplinarität als Innovationspotenzial	157
9.2	Modell und Simulation – Der Rechneinsatz wird zum Standard	159
9.3	Wandlungen im Verständnis der Messtechnik	161
9.4	Auf dem Weg zu neuen Fachgebiets-Strukturen	163
9.5	Die Reform der Ausbildung und der Studienpläne.....	167
9.6	Forschung – Lehre – Industrie: Ein innovatives Spannungsfeld	170
	Zeittafel zur Geschichte der Elektrotechnik an der RWTH Aachen.....	179
	Quellen- und Literaturverzeichnis	231
	Quellen und »graue Literatur«.....	231
	Gedruckte Literatur	234

Vorwort

Seit etwas mehr als 125 Jahren wird an der TH Aachen das Fach Elektrotechnik gelehrt, seit knapp 50 Jahren besteht die selbständige Fakultät für Elektrotechnik, heute unter dem Namen „Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik“. Das wäre Grund genug, im Sinne der Jubiläen eine Geschichte der Aachener Elektrotechnik zu schreiben. Die Motivation, die zur Ausarbeitung der hier vorgelegten Fakultätsgeschichte geführt hat, ist aber an anderer Stelle zu suchen: Einmal gab es in der Fakultät durchaus die Überzeugung, dass es nun an der Zeit sei, die Entstehung, die institutionelle Entwicklung und die inhaltliche Arbeit dieser Fakultät zu dokumentieren. Aus der Sicht von Wissenschafts- und Technikgeschichte war die Untersuchung der Entwicklung der Fakultät nicht minder ein Desiderat: In der Geschichte der wissenschaftlichen Institutionen dominieren die großen Strukturen, also staatliche Forschungspolitik, die Hochschulen als Ganze, die außeruniversitären Forschungseinrichtungen und Akademien. Am anderen Ende der Skala sind es wiederum die herausragenden Einzelpersonlichkeiten, die etwa in Editionen und Biographien gewürdigt werden. Die „mittlere“ Ebene, einzelne Fakultäten, Fachbereiche oder Departments, haben dagegen bislang wenig Beachtung gefunden, jedenfalls ist deren Geschichte kaum in ausreichender Tiefe beschrieben und analysiert worden. Dabei bieten gerade die Fakultäten den Hochschullehrern, ihren Lehrstühlen oder Instituten den administrativen und – zumindest in Teilen – auch materiellen Rahmen für Forschung und Lehre. Außerdem stellen sie in den Ingenieurwissenschaften den Ort dar, wo die Vernetzung von Naturwissenschaft und Mathematik, Technikwissenschaft und technisch-industriellem Anwendungswissen organisiert wird. Abgesehen vom Wunsch, die Fakten der historischen Entwicklung der Aachener Elektrotechnik zu sichern, geht es uns also darum, das Spannungsfeld aufzuzeigen, in dem sich die Elektrotechnik und – heute eng mit ihr verbunden – die Informationstechnik bewegen, ein Spannungsfeld, das von der Grundlagenforschung bis zum marktfähigen Produkt oder Verfahren reicht und auf dem in Wechselwirkung mit den Forderungen der individuellen Nutzer und der gesellschaftlichen und politischen Institutionen zentrale Innovationsprozesse unserer Industriegesellschaft bestimmt werden. Für die Aachener Fakultät der Elektrotechnik bedeutete dies, dass sie immer wieder die Balance zwischen einer naturwissenschaftlichen und hier insbesondere physikalischen Durchdringung elektrotechnischer Komponenten und Verfahren und dem Systemcharakter der industriellen Elektrotechnik finden musste, eine Balance, die angesichts der zu einem guten Teil politisch bestimmten großen Systeme der Kommunikations- und Energietechnik nicht einfacher geworden ist.

Norbert Gilson, Walter Kaiser

Aachen, im November 2009

Einleitung

Im Jahr 2008 feierte die Elektrotechnik an der Technischen Hochschule in Aachen ihr 125jähriges Jubiläum. 1883 wurde sie zum ersten Mal als eigenständiges Fach gelehrt. Elektrische Telegrafie und elektrische Beleuchtung waren die Gebiete, mit denen sich das junge Fachgebiet hauptsächlich zu befassen hatte. Die Erfindungen und Innovationen des 20. Jahrhunderts haben Lehre und Forschung des Hochschulfachs dann kontinuierlich verändert. Kraftwerke, Hochspannungsübertragung und Verbundsystem, Funkübertragung samt Rundfunk und Fernsehen, Computer und Mikrochip, Mobilkommunikation und Internet sind Stichworte, die nur in Andeutungen und in großen Zügen den Entwicklungsprozess der Elektrotechnik und ihren Einfluss auf die industrielle Wirklichkeit und die Veränderungen des gesellschaftlichen Lebens wiedergeben. Die akademische Elektrotechnik an der Aachener Hochschule war in diesen Prozess in unterschiedlicher Weise involviert. Sie hat auf neue Entwicklungen reagiert und aktuelle Themen in ihren Fächerkanon aufgenommen, sie hat den Prozess forschend begleitet, zu verschiedenen Zeiten aber auch entscheidend mitgeprägt. Die vorliegende Geschichte der Elektrotechnik an der Technischen Hochschule Aachen beleuchtet dieses Wechselverhältnis zwischen Lehre, Forschung und industrieller Entwicklung der Elektrotechnik im Detail und macht deutlich, dass die Position des Fachgebietes an der Hochschule und ihr Stellenwert im technisch-wirtschaftlichen Fortschrittsprozess auf einer stetigen intensiven Auseinandersetzung mit den Entwicklungen außerhalb der Hochschule, aber auch mit ihren eigenen fachinternen Inhalten und Fächerstrukturen beruht. Daraus resultiert auch die Einsicht, dass die klassischen Fächer der Elektrotechnik, Energietechnik und Nachrichtentechnik, heute nur noch einen Ausschnitt aus dem umfassenden Fachgebiet darstellen, das seit den 1970er Jahren durch die Entwicklung der Informationstechnik nachhaltig geprägt und verändert wurde.

Der seit 1987 in der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik angesiedelte Lehrstuhl für Geschichte der Technik bot den engeren Rahmen für die Auseinandersetzung mit dem Thema.¹ Insgesamt liegen zur Disziplingeschichte der wissenschaftlichen Elektrotechnik bisher nur wenige analytische Untersuchungen vor. Zuletzt hat Wolfgang König in seiner Schrift über die Technikwissenschaften beispielhaft anhand der Elektrotechnik die Herausbildung dieser Wissenschaftsgattung an den deutschen Technischen Hochschulen in der Zeit vor dem Ersten Weltkrieg grundlegend

1 Zu den hier entstandenen Schriften zur Disziplingeschichte der Elektrotechnik vgl. Walter Kaiser, Die Fakultät für Elektrotechnik; in: Klaus Habetha (Hrsg.), Wissenschaft zwischen technischer und gesellschaftlicher Herausforderung: Die Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen 1970 bis 1995, Aachen 1995, S. 468-493 (künftig zitiert: Kaiser, Fakultät); ders., Die schwierige Akademisierung der Elektrotechnik; in: Die Technikgeschichte als Vorbild moderner Technik. Schriften der Georg-Agricola-Gesellschaft, 1992, Heft 18, S. 41-61 (künftig zitiert: Kaiser, Akademisierung); ders., Wissenschaft, Ingenieurwissenschaft und Technik; in: Alma Mater Aquensis. Berichte aus dem Leben der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen 28(1991/92), S. 175-184 (künftig zitiert: Kaiser, Wissenschaft); Norbert Gilson, Konzepte von Elektrizitätsversorgung und Elektrizitätswirtschaft. Die Entstehung eines neuen Fachgebietes der Technikwissenschaften zwischen 1880 und 1945, Stuttgart 1994 (künftig zitiert: Gilson, Konzepte).

behandelt.² Weitere Materialien vorwiegend deskriptiver Natur zur Geschichte des Fachs finden sich in verschiedenen Schriften Aachener Elektrotechnik-Professoren sowie ausführlich in dem von Ulrich Kalkmann verfassten Band über die TH Aachen in der NS-Zeit.³ Die vorliegende Untersuchung bietet in den ersten drei Kapiteln ein Resümee der Entwicklung der Elektrotechnik an der TH Aachen bis zum Zweiten Weltkrieg. Das Schwergewicht der Darstellung liegt jedoch auf der Geschichte des Fachs seit der Nachkriegszeit. Dabei ist für die Zeit bis zum Ende der 1950er Jahre auch durch die Berücksichtigung von Archivunterlagen ein fundierter Überblick möglich. Neben den Beständen des Hochschularchivs, das eine Reihe wichtiger Unterlagen zur Geschichte des Fachs zur Verfügung stellen konnte, sind vor allem die im Landesarchiv Düsseldorf befindlichen, die Zeit bis zum Ende der 1950er Jahre umfassenden Bestände des Ministeriums für Wissenschaft und Forschung sowie des Kultusministeriums des Landes NRW zu nennen.⁴ Die Aktenbestände für die darauf folgenden Zeiträume sind derzeit aus Datenschutzgründen noch gesperrt.⁵ Als Grundlage für eine spätere systematische Erforschung der Disziplingeschichte wurde daher der Weg gewählt, die Entwicklung der Aachener Elektrotechnik zunächst aufgrund der verfügbaren Unterlagen vorwiegend deskriptiv darzustellen. Bei der Beschaffung der Materialien leistete das Dekanat eine wichtige Hilfestellung, vor allem zur Erstellung einer detaillierten Zeittafel, die einen chronologischen Überblick der einzelnen Institutionalisierungsprozesse ermöglicht. Die vorliegende Untersuchung wäre aber nicht möglich gewesen ohne die engagierte Unterstützung aus der gesamten Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik. Entscheidend war das Entgegenkommen vieler aktiver, emeritierter und pensionierter Professoren, die zu einem Gespräch über Entwicklung und Bedeutung ihres jeweiligen Fachgebietes bereit waren und denen wichtige Hinweise zur Disziplingeschichte zu verdanken sind.⁶

Zu erwähnen sind auch die Beiträge Aachener Elektrotechnik-Professoren zur Geschichte ihres Fachs. Bereits Eugen Flegler setzte sich 1954 angesichts der kommenden Anforderungen rückblickend mit der Disziplingeschichte auseinander. Mit der Geschichte der Nachrichtentechnik beschäftigte sich insbesondere Volker Aschoff eingehend. Er war Mitglied im Arbeitskreis »Geschichte der Technologie«, der sich unter Beteiligung von Mitgliedern aus verschiedenen Fakultäten Mitte der 1970er Jahre an der RWTH konstituiert hatte. Im Juni 1976 skizzierte Aschoff seine Vorstellungen, wie sich aus der Beschäftigung mit der Geschichte der Technik Orientierungen für die

2 Vgl. Wolfgang König, Technikwissenschaften. Die Entstehung der Elektrotechnik aus Industrie und Wissenschaft zwischen 1880 und 1914, Chur 1995 (künftig zitiert: König, Technikwissenschaften).

3 Zu den bibliographischen Angaben der Schriften Aachener Hochschulprofessoren vgl. unten Anm. 7. Zur Hochschulgeschichte während der NS-Zeit vgl. Ulrich Kalkmann, Die Technische Hochschule Aachen im Dritten Reich (1933 – 1945), Aachen 2003 (künftig zitiert: Kalkmann, TH Aachen).

4 Zur Verzeichnung der einzelnen Bestände siehe Kapitel Quellen und »graue Literatur«.

5 Es handelt sich hierbei um die folgenden Bestände: NW 0069 (Kultusministerium, Handakten, KM Wilhelm Mäurer), NW 0122 (Kultusministerium, Ministerbüro, KM Werner Schütz und Paul Luchtenberg), NW 0144 (Kultusministerium, Hochschulen, KM Organisation, Personal und Forschungsförderung); NW 0162 (Kultusministerium, Ministerbüro, KM Fritz Holthoff), NW 0392 (Kultusministerium, Zentralaufgaben, KM Personalangelegenheiten) sowie NW 0534 (Kultusministerium, Ministerbüro, KM Fritz Holthoff, Jürgen Girgensohn und Hans Schwier).

6 Der Dank gilt insbesondere Gottfried Arlt, Gerd Ascheid, Hans-Jürgen Haubrich, Klaus Heime, Gerhard Henneberger, Karl-Friedrich Kraiss, Steffen Leonhardt, Hans Dieter Lücke (†), Dietrich Meyer-Ebrecht, Philipp Klaus Sattler (†), Hans-Jürgen Schmitt, Armin Schnettler, Andrei Vescan und Bernhard Walke für ihre Bereitschaft zu einem Interview.

Praxis ingenieurwissenschaftlichen Handelns ergeben könnten. Die bis in die Antike zurückgehenden Forschungen von Aschoff führte Hans-Dieter Lücke fort, unter anderem durch eine Sammlung zur Geschichte der Nachrichtentechnik sowie durch seine Untersuchungen zur Frühgeschichte der Digitalisierung und zur Entstehung des Abtasttheorems. Auch Walter Ameling engagierte sich zusammen mit Otto Lange für die Geschichte seines Fachgebietes und initiierte den Aufbau einer Ausstellung zur Geschichte der Datenverarbeitung am Lehrstuhl für »Allgemeine Elektrotechnik und Datenverarbeitungssysteme«, aus der später das Aachener Computermuseum hervorging. Mit dem Aufbau einer umfangreichen Sammlung von Elektronenröhren sowie mit Publikationen zur Geschichte dieses Bauelements hat Herbert Döring das Wissen über die Entwicklung dieses Zweiges der Hochfrequenztechnik entscheidend bereichert. Nicht zuletzt haben Hansjörg Tafel mit der Skizze zur Entwicklung des Instituts für »Nachrichtengeräte und Datenverarbeitung«, Dietrich Meyer-Ebrecht mit einem Beitrag zur 10-jährigen Tätigkeit des Lehrstuhls für »Messtechnik«, Gerhard Henneberger mit dem Rückblick auf die 30-jährige Geschichte der Fakultät für Elektrotechnik sowie Klaus Heime mit dem Überblick über die Entwicklung der Halbleitertechnik an der RWTH Aachen wichtige Details zur Disziplingeschichte beigetragen.⁷

Um die Leserlichkeit des Textes nicht durch häufige Unterbrechungen zu erschweren, wird für die Verzeichnung der exakten Daten der einzelnen Ereignisse der Fakultätsgeschichte sowie für Bemerkungen zur Biographie der einzelnen Hochschullehrer⁸ auf die Zeittafel verwiesen. Sie bietet auch denjenigen eine Orientierung, die einen schnellen Überblick oder eine zeitliche Einordnung bestimmter Ereignisse suchen.

7 Vgl. Eugen Flegler, Entwicklungsstufen der Elektrotechnik; in: Jahrbuch der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule zu Aachen (künftig zitiert: Jahrbuch RWTH Aachen) 7(1955/56), S. 54-59 (künftig zitiert: Flegler, Entwicklungsstufen); Volker Aschoff, Sinn und Bedeutung der Technikgeschichte. Vortrag von Volker Aschoff vor dem Arbeitskreis »Geschichte der Technologie« am 15.6.1976; in: Alma Mater Aquisiensis 13(1975), S. 52; Hans Dieter Lücke, The Origins of the Sampling Theorem; in: IEEE Communications Magazin, April 1999, S. 106-108; ders., Zur Entstehung des Abtasttheorems; in: Nachrichtentechnische Zeitschrift 31(1978), S. 271-273; ders., Zur Frühgeschichte der Digitalisierung; in: Frequenz 56(2002), S. 117-122; Walter Ameling / Otto Lange, Stationen auf dem Wege zur Elektronischen Datenverarbeitung; in: Alma Mater Aquisiensis 14(1976/77), S. 122-136; Herbert Döring, Zur Entwicklung der Elektronenröhren für kurze und kürzeste Wellen; in: Jahrbuch RWTH Aachen 7(1955/56), S. 175-185 (künftig zitiert: Döring, Elektronenröhren); ders., 100 Jahre Elektronenröhren; in: Nachrichtentechnische Zeitschrift 36(1983), Heft 10, S. 644-652; ders., Rückschau auf 50 Jahre Klystronentwicklung; in: Werner Wiesbeck (Hrsg.), 100 Jahre Elektromagnetische Wellen. Vorträge des Heinrich-Hertz-Symposiums vom 14. und 15. März 1988 in Karlsruhe, Berlin / Offenbach 1988, S. 85-98; Hansjörg Tafel, Rückblick auf 25 Jahre IND. (Maschinenschr. Manuskript), o.S. (künftig zitiert: Tafel, Rückblick); Dietrich Meyer-Ebrecht, Bildverarbeitung am Lehrstuhl für Messtechnik? in: Lehrstuhl für Messtechnik 1974-1984. (Maschinenschr. Broschüre), S. 88-94; Gerhard Henneberger, 30 Jahre Fakultät für Elektrotechnik der RWTH Aachen am 1. Oktober 1991; in: Alma Mater Aquisiensis 27(1990/91), S. 139-144 (künftig zitiert: Henneberger, Fakultät); 1961-1991. 30 Jahre Halbleitertechnik an der RWTH Aachen. Institut für Halbleitertechnik. Festkolloquium, Freitag, 14. Juni 1991, Prof. Dr.rer.nat. Klaus Heime, Die Entwicklung der Halbleitertechnik an der RWTH Aachen 1961 - 1991. (Maschinenschriftliche Broschüre), S. 1 (künftig zitiert: Heime, Entwicklung).

8 Aus Gründen des Persönlichkeitsschutzes werden ausführliche biographische Angaben nur zu den verstorbenen Professoren der Fakultät mitgeteilt.

1 Die Etablierung der Elektrotechnik an der TH Aachen

Als die Aachener Technische Hochschule im Oktober 1870 eröffnet wurde, zunächst unter dem Namen »Rheinisch-Westphälische Polytechnische Schule zu Aachen«, gab es bereits seit Jahrzehnten bedeutende Entwicklungen auf dem Gebiet, das Anfang der 1880er Jahre unter dem Namen »Elektrotechnik« geläufig werden sollte. Luigi Galvani, Alessandro Volta und Johann Wilhelm Ritter hatten bereits um die Wende zum 19. Jahrhundert die Grundlagen für die Anwendungen des elektrischen Stroms gelegt und die Prototypen der modernen Batterien und Akkumulatoren geschaffen, mit denen sich erstmals relativ konstante elektrische Ströme erzeugen ließen. Hans Christian Ørsted, André Marie Ampère, Georg Simon Ohm, Michael Faraday, James Clerk Maxwell, Hermann Helmholtz und Heinrich Hertz sind die bekanntesten Forscherpersönlichkeiten, die für die Entdeckung der physikalischen Grundphänomene und die mathematische Formulierung der Grundgesetze der Elektrodynamik stehen. Seit den 1830er Jahren waren bahnbrechende praktische Anwendungen hinzugekommen. Zentnerschwere magnetoelektrische Maschinen, also frühe permanenterregte Generatoren, lieferten seit etwa 1850 Stromstärken, die die industrielle Nutzung der Galvanotechnik und den Betrieb der ersten Bogenlampen erlaubten. Den bedeutendsten Fortschritt in der Anwendung des elektrischen Stroms für die folgenden Jahrzehnte brachte der elektrische Telegraf, an dessen Realisierung mehrere Wissenschaftler in Europa und den USA beteiligt waren, unter anderem Wilhelm Weber und Carl Friedrich Gauß an der Universität Göttingen sowie Charles Wheatstone am Londoner Kings College. Die Idee des Zeigertelegraphen mit Selbstunterbrechung, auf die Werner Siemens (1816 – 1892) im Oktober 1847 ein preußisches Patent erhielt, wurde Grundlage für eines der ersten Unternehmen der Elektroindustrie, die *Telegraphen-Bauanstalt von Siemens & Halske* in Berlin. Der Gebrauch des elektrischen Telegraphen dehnte sich seit den 1840er Jahren rapide aus, nicht zuletzt aufgrund der Bedürfnisse der Zugsicherung beim Eisenbahnbetrieb. Ab 1844 wurde London mit einer Reihe wichtiger englischer Städte verbunden. Um 1850 starteten Versuche, Telegrafenkabel auf dem Meeresboden zu verlegen und bis 1866 konnte eine dauerhaft funktionsfähige Telegrafenerbindung zwischen London und New York eingerichtet werden. 1870 wurde durch das von *Siemens* verlegte, rund 11.000 km lange indoeuropäische Kabel, eine Nachrichtenverbindung zwischen England und Indien hergestellt.⁹

Trotz dieser wissenschaftlichen und technischen Fortschritte hatten um 1870 elektrische Apparate noch nicht den technischen Status und die wirtschaftliche Bedeutung erlangt wie etwa die Produkte der Hüttenindustrie mit ihrer rasch wachsenden Eisen- und Stahlproduktion. Bedeutender waren auch die Maschinenindustrie mit ihrem Werkzeugmaschinen-, Dampfmaschinen- und Eisenbahn-Bau sowie die Bautechnik

9 Zur Eröffnung der Polytechnischen Schule in Aachen vgl. Paul Gast (Hrsg.), Die Technische Hochschule zu Aachen 1870 – 1920. Eine Gedenkschrift, Aachen [1921], S. 103-105, 141-145 (künftig zitiert: Gast, TH Aachen). Zu den Grundlagen der Elektrizitätslehre vgl. Walter Kaiser, Theorien der Elektrodynamik im 19. Jahrhundert, Hildesheim 1981 (künftig zitiert: Kaiser, Theorien) sowie Jörg Meya / Heinz Otto Sibum, Das fünfte Element. Wirkungen und Deutungen der Elektrizität, Reinbek bei Hamburg 1987 (künftig zitiert: Meya / Sibum, Element). Zur Entwicklung des elektrischen Telegraphen vgl. Wolfgang König / Wolfhard Weber, Netzwerke. Stahl und Strom. 1840 bis 1914. (Propyläen Technikgeschichte, Band 4), Berlin 1990, S. 214–222 (künftig zitiert: König / Weber, Netzwerke).

mit Brücken-, Kanal- und Hafengebäuden. Selbst die junge chemische Industrie erzielte bereits in den 1860er Jahren mit den neuen Teerfarbstoffen große Erfolge. Vor diesem Hintergrund ist es verständlich, dass die Aachener Hochschule zunächst genau mit diesen Ausbildungsschwerpunkten eröffnet wurde. Die Studierenden wurden in vier Abteilungen, einer »Allgemeinen Schule« und drei »Fachschulen«, unterrichtet. Während die »Allgemeine Schule« mathematische und naturwissenschaftliche Grundkenntnisse vermittelte, umfassten die Fachschulen die Fächer Bau- und Ingenieurwesen, Maschinenlehre und mechanische Technik sowie chemische Technik und Hüttenkunde.¹⁰

Der Eröffnung der Aachener polytechnischen Schule war ein mehr als 50 Jahre währender Diskurs über die Gründung einer technischen Ausbildungsstätte im Rheinland vorausgegangen. Schon 1819 hatte es Bestrebungen gegeben, den Handwerkern eine der fortschreitenden Gewerbeentwicklung entsprechende Ausbildung zu ermöglichen. Als Standort war zunächst Düsseldorf im Gespräch gewesen. 1856 hatte sich Köln ins Spiel gebracht, jedoch wurde auf einer Versammlung der Bürgermeister niederrheinischer Städte Bonn als der geeignete Ort für die Neugründung favorisiert. Eine Vorentscheidung für den »Außenseiter« Aachen fiel 1858, als das Kronprinzenpaar Friedrich Wilhelm von Preußen und Prinzessin Victoria auf seiner Heimreise von der Hochzeit in London in Aachen Station machte. Hier überreichte ihnen Regierungspräsident von Kühlwetter 5000 Taler als Hochzeitsspende der *Aachener- und Münchener Feuer-Versicherungs-Gesellschaft*. Der Kronprinz stellte das Geld als Grundstock zur Bildung einer polytechnischen Schule in den »Rheinlanden« zur Verfügung. Den sich daran anschließenden Konkurrenzkampf zwischen Aachen und Köln konnte schließlich Aachen für sich entscheiden. Am 14. November 1863 unterzeichnete König Wilhelm I. einen entsprechenden Erlass. Einige Zeit später, am 15. Mai 1865, fand in seiner Anwesenheit die Grundsteinlegung statt. Nach einer Bauzeit von fünf Jahren erfolgte am 10. Oktober 1870 die feierliche Einweihung. Erster Direktor wurde der Bauingenieur August von Kaven, zuvor Professor für Eisenbahn-, Brücken- und Wegebau am Polytechnikum in Hannover. Im Wintersemester 1870/71 nahmen 223 Studenten ihr Studium bei den 32 Dozenten auf.¹¹

Ein bedeutender Fortschritt für die innere Organisation der Institution war die neue Verfassung von 1880. Was inhaltlich von Anfang an für den Rang der Polytechnischen Schule gegolten hatte, wurde nun im neuen Namen »Technische Hochschule« auch nach außen sichtbar. Außerdem wurden die »Fachschulen« in »Abteilungen« überführt. In der Verfassung wurde statt der Stelle des auf Lebenszeit ernannten Direktors ein von den Abteilungskollegien vorzuschlagender Rektor mit dreijähriger Amtsperiode vorgesehen. Die Abteilungen wurden mit der kollegialen Verwaltung ihrer eigenen Angelegenheiten betraut und selbständig organisiert. Voraussetzung für die Aufnahme der Studierenden war das Reifezeugnis einer neunjährigen Unterrichtsanstalt. Damit

10 Vgl. Kurt Düwell, Gründung und Entwicklung der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen bis zu ihrem Neuaufbau nach dem Zweiten Weltkrieg (künftig zitiert: Düwell, Gründung); in: Hans-Martin Klinkenberg (Hrsg.), Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen 1870 – 1970. Mit einem Separatband Tafeln und Übersichten, Stuttgart 1970, Bd. 1, S. 63 (künftig zitiert: Klinkenberg, RWTH Aachen, Bd. 1); Gast, TH Aachen, S. 141-142.

11 Ausführlich zur Vorgeschichte, Gründung und Entwicklung der Hochschule bis 1880 vgl. Düwell, Gründung, S. 19-67. Zu den Studenten- und Dozentenzahlen vgl. ebd., S. 65.

war ein bedeutender Schritt in Richtung auf die Gleichstellung mit den Universitäten vollzogen.¹²

Um 1880 stand die Elektrotechnik vor einer stürmischen Entwicklung. Das Konzept des eigenerregten Generators, das im Jahr 1866 von mehreren Experimentatoren, unter anderem von Werner Siemens, entdeckt worden war, bot die Grundlage dafür, die Stromerzeugung mit Hilfe von Dynamomaschinen effektiver zu gestalten als mit den wenig leistungsfähigen, permanenterregten magnetoelektrischen Maschinen. Zur Ausweitung der Anwendung des elektrischen Stroms trugen nicht unwesentlich die neuen Apparaturen für die elektrische Beleuchtung bei, vor allem die von Thomas A. Edison entwickelte elektrische Glühlampe, die im Unterschied zur Bogenlampe auch für kleinere Räume geeignet war. Schnell verbreitete sich zu Beginn der 1880er Jahre das Wissen über die neuen Möglichkeiten der Elektrotechnik. Ein wichtiges »Medium« waren die ersten großen internationalen elektrotechnischen Ausstellungen, 1881 in Paris, 1882 in München, ein Jahr später in Wien und 1884 in Turin. Auch andere spektakuläre Beleuchtungs-»Events« in mehreren europäischen Metropolen – so die Präsentationen Edisons auf der Crystal Palace Exhibition im März 1882 in London – machten die Anwendungen der elektrischen Beleuchtung und »Krafterzeugung« der Öffentlichkeit bekannt. Das erste öffentliche Elektrizitätswerk, das im September 1882 von Edison in der New Yorker Pearl Street installiert wurde, fand schnell Nachahmung in ganz Europa. Mitten im Zentrum von Berlin, in der Markgrafenstraße, wurde im August 1885 das erste Elektrizitätswerk dieser Form in Deutschland in Betrieb genommen.¹³

Der einsetzende Boom in der Elektrifizierung begründete den Aufschwung eines neuen industriellen Sektors. An die Spitze der Elektroindustrie setzte sich die im März 1883 unter maßgeblicher Beteiligung von Emil Rathenau als Aktiengesellschaft gegründete *Deutsche Edison Gesellschaft für angewandte Elektrizität*, die im Mai 1887 den Namen *Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft (AEG)* annahm. Die neue Gesellschaft überflügelte das deutsche Pionierunternehmen *Siemens & Halske* schnell, obwohl mehrere Verträge zwischen den beiden Konkurrenten die unternehmerischen Möglichkeiten der *AEG* zunächst beschränkt hatten. Schnell konnte die *AEG* ihr angestammtes Geschäftsfeld, nämlich Auswertung der Lizenzen an den Edison-Patenten und Bau von Elektrizitätszentralen in Richtung einer Produktion elektrotechnischer Komponenten erweitern. Umgekehrt gelang es *Siemens*, durch Vorfinanzierung der Ablösung der Edison-Patente in das Beleuchtungsgeschäft und in den Anlagenbau einzudringen. Seit der Aufhebung aller vertraglichen Bindungen im Jahr 1894 konnten sich *AEG* und *Siemens* frei im Gebiet der Elektrotechnik bewegen.¹⁴

Innerhalb von wenigen Jahren wurde die Starkstromtechnik zum dominierenden Zweig der Elektroindustrie. Während bei *Siemens & Halske* um 1875 noch die Produkte der »Schwachstromtechnik«, vorwiegend auf dem Gebiet der Telegrafie, mit

12 Vgl. Düwell, Gründung, S. 66-67.

13 Vgl. König / Weber, Netzwerke, S. 317-330; Helmut Lindner, Strom. Erzeugung, Verteilung und Anwendung der Elektrizität, Reinbek bei Hamburg 1985, S. 148-167 (künftig zitiert: Lindner, Strom).

14 Vgl. Manfred Pohl, Emil Rathenau und die AEG, Berlin / Frankfurt am Main 1988, S. 39-128; Jürgen Köcka, Siemens und der aufhaltsame Aufstieg der AEG; in: Tradition. Zeitschrift für Firmengeschichte und Unternehmerbiographie 17(1972), S. 125-142.

mehr als 90% des Umsatzes im Vordergrund gestanden hatten, kehrte sich dieses Verhältnis in der Elektroindustrie bis Mitte der 1890er Jahre vollständig um. Jetzt lag der Anteil der Starkstromprodukte bei 90%. Neben den damaligen »Global Players« gründeten sich auch viele kleinere Unternehmen, die sich auf die Herstellung spezieller elektrotechnischer Produkte konzentrierten und als »elektrotechnische Spezialfabriken« bezeichnet wurden. Dazu gehörte beispielsweise die im April 1886 in Aachen gegründete *Deutsche Elektrizitäts-Werke zu Aachen – Garbe, Lahmeyer & Co. Aktiengesellschaft*, die noch bis in die 1970er Jahre ein bedeutendes Unternehmen des Elektromaschinenbaus blieb. Auch die 1887 in Aachen gegründete Firma *Eggersmann & Lang G.m.b.H.* ist ein Beispiel für ein solches Spezialunternehmen, das, im Gegensatz zu den produzierenden Gesellschaften, auf dem Gebiet der Projektierung und Installation von Großanlagen für »Licht« und »Kraft« tätig war. Die in dem neuen Fachgebiet tätigen Wissenschaftler und Ingenieure schlossen sich zu Fachgesellschaften zusammen. In verschiedenen Städten, zuerst in Berlin im Dezember 1879, gründeten sich Elektrotechnische Vereine, aus denen 1893 der *Verband Deutscher Elektrotechniker (VDE)* als Vertretung der elektrotechnischen Fachwelt gegenüber Behörden und Öffentlichkeit hervorging. Als Publikationsorgan wählte der neue Verband die seit 1880 erscheinende Elektrotechnische Zeitschrift.¹⁵

Bereits seit Eröffnung der Aachener Hochschule waren elektrotechnische Lehrveranstaltungen in kleinem Umfang Bestandteil des Vorlesungsprogramms der in der »Allgemeinen Abteilung« angesiedelten Physik. Wichtigster Akteur war der in Fachkreisen hoch angesehene Experimentalphysiker Adolf Wüllner (1835 – 1908). Er hielt unter anderem Vorlesungen in angewandter Physik, in denen er auch über die Anwendung der Elektrizität referierte. Unter der Rubrik »Außerordentliche Vorträge und Übungen« findet sich in den Vorlesungsverzeichnissen zudem sein zweistündiger wöchentlicher Vortrag über »Elektrodynamik und Elektromagnetismus«. Sein Assistent, der »Hilfslehrer für Physik«¹⁶ Hermann Herwig, behandelte in der Vorlesung über »Elektrische Telegraphie« die Themen Stromquellen, Telegraphenleitungen und Telegraphen-Apparate. Die Vorlesung wurde ergänzt durch praktische Übungen am Morse-Apparat und Messungen von Leitungswiderständen und Spannungen. Im Studienjahr 1874/75 wurde dieses Angebot ausgebaut. Herwig übernahm nun den Unterricht in den »Physikalischen Grundlagen der elektrischen Telegraphie« und behandelte dort die »galvanischen Ströme«, die Grundlagen des Elektromagnetismus und der Induktion sowie das »elektrische Verhalten der Erde«. Zu dieser Vorlesung über die physikalisch-theoretischen Grundlagen kam eine weitere Lehrveranstaltung hinzu, die der »Telegraphen-Inspector« Wark durchführte. Themen seiner »Praktischen Telegraphie« waren »Stromerreger (Batterien und Induktoren)«, oberirdische, unterirdische

15 Vgl. auch König, *Technikwissenschaften*, S. 10-11, 117; Lindner, *Strom*, S. 152-156, 168-170; David Blumenthal, *Die Bedeutung der deutschen elektrotechnischen Spezialfabriken für Starkstrom-Erzeugnisse und ihre Stellung in der Elektro-Industrie*. Dissertation zur Erlangung der Würde eines Doktor-Ingenieurs. Genehmigt von der Königl. Technischen Hochschule zu Aachen, Köln 1914; Arthur Katz-Foerster (Hrsg.), *Deutsche Handels- und Industriestädte*. Industriebezirk Aachen. Aachen – Düren – Stolberg – Eschweiler. (Zeitschrift für Handel und Industrie), Oktober / Dezember 1921, S. 80; Licht und Kraft. Zum 75jährigen Bestehen der Firma Garbe, Lahmeyer & Co. Aktiengesellschaft, Aachen [um 1961]; Georg Siemens, *Der Weg der Elektrotechnik*. Geschichte des Hauses Siemens. Band I. Die Zeit der freien Unternehmung. 1847 – 1910, Freiburg / München 1961, S. 120-121, 180-181.

16 Zu den Titeln des Lehrkörpers der Polytechnischen Schule vgl. Zeittafel (Eintrag vom 10. Oktober 1870).

sowie Unterwasser-Telegraphenleitungen, Zeiger-, Nadel- und Drucktelegraphen, Morseapparate sowie der Betrieb von Telegraphenapparaten. Übungen im Telegraphieren an verschiedenen Apparaten rundeten die Lehre ab. 1875/76 übernahm Dr. Winkelmann die Grundlagenvorlesung von Herwig, bevor sie dann ab 1878/79 von Otto Grotrian, Wüllners neuem Assistenten, angeboten wurde.¹⁷ Für das Studienjahr 1882/83 kündigte Wüllner seine Vorlesung *Elektrotechnik I* an, mit der er in die mathematische Potentialtheorie, in Magnetismus, Elektrostatik und elektrische Ströme, also in die theoretischen Grundlagen der Elektrotechnik, einführte. Zum Lehrgebiet Grotrians in *Elektrotechnik II* zählten magnet- und dynamoelektrische Maschinen, also unterschiedliche Generatortypen, elektrische Beleuchtung mit Bogenlampen und Glühlampen sowie die elektrische Übertragung der »Kraft«.¹⁸ Auch die »Praktische Grundlage der elektrischen Telegraphie« gehörte nun zum Aufgabenbereich von Grotrian. Er behandelte in dieser Vorlesung die Messung von Potentialdifferenzen, die elektrochemische Spannungsreihe, die Entstehung des elektrischen Stromes, ältere und »moderne« Batteriesysteme, Ohmsches Gesetz und Stromverzweigungsgesetze, Messungen von Stromstärke, Widerstand und Spannung, Elektromagnetismus, die Induktion sowie Störungen der Telegrafie durch Erdströme und Gewitter.¹⁹

Die damaligen Verhältnisse an der TH Aachen lassen erkennen, dass die eigenständige Entwicklung der akademischen Disziplin der Elektrotechnik in Gang gekommen war. 1881 hatte Werner Siemens in einem Vortrag vor dem Berliner *Elektrotechnischen Verein* die Gründung von Lehrstühlen der Elektrotechnik an den Technischen Hochschulen angeregt, »um wenigstens unsere technische Jugend mehr vertraut mit der Elektrizitätslehre und ihrer technischen Anwendung zu machen«. Zur eigentlichen Initialzündung für die Institutionalisierung der Elektrotechnik an den deutschen Hochschulen wurde jedoch die »Internationale Elektrizitäts-Ausstellung« in München 1882. Am schnellsten reagierte die Technische Hochschule in Darmstadt: Schon zum 1. November 1882, also kurz nach dem Ende der Münchener Ausstellung, trat der Physiker Erasmus Kittler (1852 – 1929), der auf der Ausstellung eine wichtige Rolle als wissenschaftlicher Leiter der Prüfungskommission gespielt hatte, seinen Dienst auf dem weltweit ersten Lehrstuhl für Elektrotechnik an.²⁰

Adolf Wüllner aus Aachen, zusammen mit dem Berliner Maschinenbauer Adolf Slaby offizieller Beobachter des preußischen Kultusministeriums in München, empfahl in seinem Ausstellungsbericht an den Minister die Einrichtung von Lehrstühlen

17 Vgl. Programm der Königlichen Rheinisch-Westfälischen Polytechnischen Schule zu Aachen für den Cursus 1870/71 bis 1880/81, insbesondere Programme für den Cursus 1870/71, S. 32 und 34 sowie für den Cursus 1874/75, S. 12-13 (künftig zitiert: Programm Polytechnische Schule zu Aachen).

18 Ähnlich wie der hier verwendete Terminus »Kraftübertragung« werden im Folgenden häufig die historischen Bezeichnungen für die einzelnen Phänomene verwendet, ausgenommen die Fälle, in denen diese Bezeichnungen heute zu Missverständnissen Anlass geben.

19 Vgl. Programm der Königlichen Technischen Hochschule zu Aachen für das Studienjahr 1882/83, S. 73-75 (künftig zitiert: Programm TH Aachen); König, Technikwissenschaften, S. 26-28; Gast, TH Aachen, S. 261-263, 369; Hans-Martin Klinkenberg (Hrsg.), Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen 1870 – 1970. Mit einem Separatband Tafeln und Übersichten, Stuttgart 1970, Separatband, Tafel V (künftig zitiert: Klinkenberg, RWTH Aachen, Separatband).

20 Vgl. Wolfgang König, Erasmus Kittler und die Frühzeit der Elektrotechnik; in: Kittler, Erasmus, Handbuch der Elektrotechnik in zwei Bänden. (Reprint der Ausgabe von 1886 und 1890), Düsseldorf 1986, Bd. 1, S. XXIX-XXXI; König, Technikwissenschaften, S. 14-16, 24-26; Brigitte Kuntzsch / Marianne Viehhaus (Redaktion), Technische Bildung in Darmstadt. Die Entwicklung der Technischen Hochschule 1836 – 1996. Bd. 3. Vom Kaiserreich zur Republik, Darmstadt 1995, S. 14-17.

und Laboratorien für Elektrotechnik auch an den preußischen Technischen Hochschulen. Bereits wenige Tage später kündigte das Ministerium daraufhin in Schreiben an die drei Hochschulen in Aachen, Berlin und Hannover die Einrichtung elektrotechnischer Dozenten und Laboratorien für das Etatjahr 1884/85 an. Im November 1882 forderte das Ministerium von der Allgemeinen Abteilung und von der Maschinenbauabteilung der TH Aachen jeweils ein Gutachten über die genauen Modalitäten der Etablierung der Elektrotechnik an. Grund für die außergewöhnliche Eile dürfte die Vorreiterrolle Darmstadts bei der Einrichtung des neuen Fachs gewesen sein.

Wüllner empfahl in seinem für die Allgemeine Abteilung erstellten Gutachten die sofortige Einrichtung eines neuen »Lehrstuhls für technische Physik, speziell Electrotechnik«, und zwar als Unterabteilung des Physikalischen Instituts. Da Wüllner in den physikalischen Grundlagen die Voraussetzung für die Konstruktion elektrischer Maschinen erblickte, sollte der Lehrstuhl an der mathematisch-naturwissenschaftlich ausgerichteten Abteilung für allgemeine Wissenschaften angesiedelt werden. Mit dem Hinweis auf ein – allerdings allgemeinbildend ausgerichtetes – Maschinenbaustudium von Otto Grotrian, das dieser vor seiner Ausbildung zum Physiker in Braunschweig absolviert hatte, plädierte Wüllner dafür, Grotrian auf den neuen Lehrstuhl zu berufen. Die Maschinenbau-Abteilung unterstützte in ihrem Gutachten zwar die Vorschläge Wüllners für die apparative Ausstattung des elektrotechnischen Laboratoriums und den von ihm ausgearbeiteten Studienplan für Maschineningenieure elektrotechnischer Richtung. Sie setzte sich jedoch für ein praxisorientiertes Profil des Fachs und seine Ansiedlung im Maschinenbau ein. Der Senat der Hochschule und das Ministerium folgten diesen Argumenten und siedelten die neue Dozentur an der Maschinenbau-Abteilung an. Nachdem Grotrian versichert hatte, sich vollständig auf die Elektrotechnik zu konzentrieren und auf die Beschäftigung mit der Physik zu verzichten, übernahm die Abteilung auch den Vorschlag Wüllners zur Berufung von Grotrian. Zum 1. April 1883 wechselte er offiziell als Dozent²¹ für Elektrotechnik an die Maschinenbau-Abteilung. Am 1. April 1886 wurde er zum Professor²² für Elektrotechnik ernannt. Wüllner zog sich nach diesen Entwicklungen weitgehend von seinen Aktivitäten in den elektrotechnischen Fächern zurück.²³

Seit dem Studienjahr 1883/84 oblag Grotrian die gesamte Ausbildung in der Elektrotechnik. Hierfür bot er eine zweisemestrige elektrotechnische Vorlesung an. Themen der »Elektrotechnik I (Physikalischer Teil)« waren die theoretischen Grundlagen: Potentialtheorie, Magnetismus, Elektrostatik, Elektrodynamik, Elektromagnetismus und Induktion sowie der elektrische Stromkreis. In der »Elektrotechnik II (Technischer Teil)« standen die elektrischen Maschinen, die elektrische Kraftübertragung, die Stromerzeugung mit Hilfe von Akkumulatoren sowie Messverfahren zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit von Maschinen und Lampen im Mittelpunkt der Vorlesung. Damit waren die beiden Gebiete, aus denen sich die Elektrotechnik als neues Fach zusammensetzte, in der Lehre vorläufig abgedeckt. Die ausführliche Behandlung der physikalischen Grundlagen entsprach der Vorbildung Grotrians, die Behandlung des

21 Zu den Titeln der Hochschullehrer vgl. Zeittafel (Eintrag zum 7. September 1880).

22 Zum Titel »Professor« vgl. ebenfalls Zeittafel (Eintrag zum 7. September 1880).

23 Vgl. König, Technikwissenschaften, S. 26-28.

Elektromaschinenbaus trug der Einbindung des Fachs in die Maschinenbau-Abteilung Rechnung. Für das »Elektrotechnische Praktikum«, in dem vor allem die messtechnischen Grundlagen der Elektrotechnik vermittelt wurden, richtete man ein Laboratorium ein, das zunächst provisorisch in Räumen des Hauptgebäudes der Hochschule untergebracht war. Neben der Eichung von Messinstrumenten gehörten Messungen der Lichtstärke von Lampen sowie Stromstärke-, Drehzahl- und Kraftmessungen an Generatoren und Motoren zu den praktischen Übungen. Weiterhin hielt Grotrian seine Vorlesung über die »Physikalische Grundlage der elektrischen Telegraphie« ab. Die »Praktische Telegraphie« wurde seit 1884/85 von »Telegraphen-Director« Fuchs vertreten, einem Dozenten an der Abteilung für Allgemeine Wissenschaften.

Mit der Einführung der Elektrotechnik wurde 1883/84 erstmals ein auf drei Jahre angelegter Studienplan für »Maschinen-Ingenieure elektrotechnischer Richtung« in das Vorlesungsverzeichnis aufgenommen. Als 1888 eine neue Diplomprüfungsordnung für die in Aachen unterrichteten Fächer in Kraft trat, hatte die Hochschule auch die Prüfungsbedingungen für die neue Fachrichtung festgelegt. Für die Maschinen-Ingenieure, die sich auf Elektrotechnik spezialisierten, waren unter anderem »Theorie der Elektrizität und des Magnetismus« sowie »Elektrotechnik« Gegenstand der Hauptprüfung. Als Diplomarbeit war die Bearbeitung einer größeren Aufgabe aus dem Gebiet der Elektrotechnik vorgeschrieben.²⁴

24 Vgl. Programm TH Aachen, Studienjahr 1883/84, S. 28, 72 sowie Studienjahr 1884/85, S. 74, 86; HA Aachen, Akten Nr. 23 und Nr. 1169; Paul Friedrich Damm, Die Technischen Hochschulen in Preussen. Eine Darstellung ihrer Geschichte und Organisation. Nach amtlichen Quellen, Berlin 1899, S. 143-144 (künftig zitiert: Damm, Technische Hochschulen, 1899).

2 Der Aufschwung der Elektrotechnik

Im letzten Jahrzehnt des 19. Jahrhunderts planten nicht nur viele Städte nach dem Vorbild des ersten öffentlichen Elektrizitätswerks in Berlin ihre eigenen Zentralen, auch Industrieunternehmen machten sich die elektrische Energie zunehmend zur Krafterzeugung zunutze. Die Nachfrage nach Maschinen und Einrichtungen der Starkstromtechnik vervielfachte sich innerhalb weniger Jahre. Entsprechend wuchs der Bedarf an gut ausgebildeten Ingenieuren, die die Konstruktion und den Bau elektrischer Maschinen beherrschten, rasch an. An der TH Darmstadt schnellte die Zahl der Elektrotechnik-Studenten regelrecht nach oben und erreichte im Studienjahr 1901/1902 mit 643 Studierenden den Höchststand vor dem Ersten Weltkrieg. Die Zahl der Elektrotechnik-Studenten an der TH Aachen stieg seit 1883 zwar langsam aber doch kontinuierlich an und erreichte knapp 100 im Jahre 1901/1902. Die Situation in Aachen war vergleichbar mit der an den Technischen Hochschulen in Braunschweig, Dresden und Stuttgart. Dagegen lagen in Berlin, Hannover, Karlsruhe und München die Zahlen deutlich höher, nämlich bei 270 bis über 400 Studierenden. Allerdings machten die Studenten der Elektrotechnik in Aachen trotz der relativ niedrigen absoluten Zahlen einen erheblichen Anteil am Gesamtbesuch der Hochschule aus.²⁵

Ende der 1880er Jahre wurde das Angebot in Elektrotechnik an der TH Aachen erweitert. Die beiden elektrotechnischen Vorlesungen von Grotrian wurden um einen weiteren Teil ergänzt, in dem »elektrotechnische Versuchsmethoden« sowie die – zur Vorgeschichte der Drehstromtechnik gehörende – Theorie der Induktionsmaschinen und die Theorie der elektrischen Kraftübertragung behandelt wurden. Die Grundlagenvorlesung »Theorie der Elektrizität und des Magnetismus« wurde fünfstündig gehalten, der praktische Teil der Elektrotechnik (nun als Elektrotechnik I bezeichnet) vierstündig und die dritte Vorlesung (nun Elektrotechnik II) war zweistündig. 1890/91 nahm Grotrian erstmals auch das Thema »elektrische Zentralen« in die Elektrotechnik II auf. Als Reaktion auf die große Resonanz der Internationalen Elektrotechnischen Ausstellung in Frankfurt 1891, die ihren spektakulären Höhepunkt in der Demonstration einer Drehstromübertragung zwischen Lauffen am Neckar und dem Ausstellungsgelände erreicht hatte, erweiterte Grotrian die Elektrotechnik I ab 1892/93 um die neue Drehstromtechnik. Die zusätzlich von Fuchs gehaltene Vorlesung führte seit 1888/89 den Titel »Praktische Telegraphie und Fernsprechwesen« und trug damit ebenfalls der aktuellen Entwicklung Rechnung. Telefonapparate und Fernsprechleitungen waren ein neues gewichtiges Thema der Elektrotechnik, nachdem die Reichspost zu Beginn der 1880er Jahre begonnen hatte, die ersten Telefon-Ortsnetze zu installieren.²⁶

Auch an der hochschulinternen Entwicklung wurde deutlich, dass der Elektrotechnik ein erhöhter Stellenwert zugemessen wurde und dass sie ihren Platz unter den übrigen wissenschaftlichen Disziplinen gefunden hatte. Nachdem die Räume für die Übungen und Versuche zunächst im Hauptgebäude untergebracht waren, wurde Mitte der 1890er Jahre ein neues Gebäude an der heutigen Wüllnerstraße geplant. In ihm

25 Vgl. König, Technikwissenschaften, S. 190-191, 224.

26 Vgl. Programme TH Aachen, Studienjahr 1887/88, S. 65-66; Studienjahr 1888/89, S. 65-66, 82; Studienjahr 1890/91, S. 65-66; Studienjahr 1892/93, S. 65; König / Weber, Netzwerke, S. 506.

sollten die Elektrotechnik zusammen mit der Markscheidkunde und der gesamten Bergbauabteilung unterkommen. Die Hälfte der Baukosten von 500.000 Mark trugen der *Aachener Verein zur Beförderung der Arbeitsamkeit* und die *Aachener und Münchener Feuerversicherungs-Gesellschaft*, beides Institutionen, die auf Initiative von David Hansemann 1825 in Aachen gegründet worden waren. Der preußische Staat steuerte die andere Hälfte der Bausumme bei. Die Stadt stellte das Grundstück zur Verfügung und finanzierte die Zufahrtsstraße sowie den Anschluss an die Kanalisation. 1897 konnte der Umzug in den Neubau erfolgen. Ein Jahr später wurde das Elektrotechnische Institut²⁷ gegründet. Es bestand damals aus einem Professorenzimmer, drei Laboratoriumsräumen, einer Maschinenhalle und einer Werkstatt mit zwei Nebenräumen.²⁸

Da zum Aufgabengebiet von Ingenieuren in städtischen Diensten zunehmend die Ausarbeitung oder eingehende Prüfung von Elektrizitätswerksprojekten sowie die Betriebsleitung von Elektrizitätswerken gehörte, war es erforderlich, Ingenieure mit dieser Qualifikation für den Staatsdienst auszubilden. Zu diesem Zweck wurden am 1. Mai 1895 neue »Vorschriften über die Ausbildung und Prüfung für den Staatsdienst im Baufache« in Kraft gesetzt, die die alten Bestimmungen vom 27. Juni 1876 ablösten. Die Aspiranten der Zweiten Staatsprüfung hatten nun eine Prüfung über »Bau, Betrieb und Unterhaltung der Anlagen zur Erzeugung elektrischer Ströme« abzulegen. Grottrian sah sich wegen seines Defizits an praktischer Erfahrung nicht mehr in der Lage, dieses spezielle Fachgebiet in der Lehre zu vertreten. Er drängte daher beim preußischen Kultusministerium darauf, zusätzlich einen Praktiker nach Aachen zu berufen, der die angehenden Ingenieure auf die neuen Prüfungsthemen fachlich vorbereiten konnte. Auf diese Eingabe stellte das Kultusministerium der Aachener Hochschule für 1899 einen knapp bemessenen Etat für eine neue Dozentur für Elektrotechnik bereit. Wegen der geringen verfügbaren finanziellen Mittel dachte man im Kultusministerium eher an einen Praktiker, der die Aufgaben nebenamtlich wahrnehmen würde. Im Mai 1899 wurden zwei qualifizierte Kandidaten mit der gewünschten praktischen Erfahrung benannt. Zunächst bot das Ministerium die Dozentur Friedrich Niethammer an, dem »Chefelektriker« der *Deutschen Elektrizitäts-Werke zu Aachen – Garbe, Lahmeyer & Co. A.-G.* Niethammer zog seine vorläufige Zusage wegen angeblicher firmeninterner Widerstände jedoch kurzfristig wieder zurück. Daraufhin fiel

27 Bestimmungen über die Institute und Institutsleiter sind in den einzelnen Statuten und Verfassungen der Technischen Hochschulen in unterschiedlichem Umfang enthalten. Exemplarisch lassen sich Status und Aufgaben anhand der Verfassung für die preußischen Technischen Hochschulen aus dem Jahre 1924 verfolgen. Zu den darin enthaltenen Angaben über den Status eines Instituts und die Aufgaben und Befugnisse eines Institutsleiters vgl. Zeittafel (Eintrag vom 6. Juni 1924).

28 Vgl. Klinkenberg, RWTH Aachen, Separatband, Tafel V; Programm TH Aachen, Studienjahr 1898/99, S. 14; Eugen Flegler, Rogowski-Institut für Elektrotechnik; in: Oberstadtdirektor der Stadt Aachen (Hrsg.), Aachen. Die RWTH, Stuttgart 1961, S. 233 (künftig zitiert: Flegler, Rogowski-Institut); König, Technikwissenschaften, S. 29, 104-105; Düwell, Gründung, S. 70; Feier zur Einweihung des Neubaus für Elektrotechnik und Bergbau der Königlichen Technischen Hochschule zu Aachen in Gegenwart Sr. Excellenz des Königlichen Staatsministers Ministers der geistlichen, Unterrichts- und Medizinalangelegenheiten Herrn Dr. Bosse am 15. Mai 1897. Eine Gedenkschrift für die Festeinnehmer, Aachen 1897, S. 27-28 (künftig zitiert: Feier zur Einweihung, 1897); Clemens Bruckner, Zur Wirtschaftsgeschichte des Regierungsbezirks Aachen. (Schriften zur rheinisch-westfälischen Wirtschaftsgeschichte, Band 16), Köln 1967, S. 234-235.

die Wahl auf Gustav Rasch, der zu dieser Zeit Privatdozent an der TH Karlsruhe war.²⁹

Vermutlich hat die prekäre Situation von Rasch an der TH Karlsruhe dazu beigetragen, dass er das wenig lukrative Angebot in Aachen annahm. Rasch war wegen einer abweichenden Empfehlung über die technische Einrichtung des Karlsruher Elektrizitätswerks in eine gerichtliche Auseinandersetzung mit dem dortigen Elektrotechnik-Professor Engelbert Arnold verwickelt. Rasch war aber genau der Praktiker des Anlagenbaus, den man in Aachen suchte. Er hatte in der Industrie als Konstrukteur und Anlagenprojektor gearbeitet, hatte als Beratender Ingenieur mehrere Elektrizitätswerke geplant, war bis 1892 Leiter der Zentralstation in Gera gewesen und leitete seitdem als »Stadtelektriker« das Karlsruher Elektrizitätswerk. Er hoffte nun, sein Aachener Gehalt durch Gutachtertätigkeiten aufbessern zu können. Diese Hoffnung konnte er realisieren, als er 1903, nach dem Tode von Otto Intze³⁰, die elektrizitätswirtschaftliche Projektierung des neuen Wasserkraftwerks Heimbach an der Urfttalsperre übernahm. Später wurde er zudem Mitglied im Beleuchtungsausschuss der Stadt Aachen, der mit der konzeptionellen Entwicklung des städtischen Elektrizitätswerks befasst war. Hier konnte er sich jedoch gegen den im Hinblick auf technische Innovationen übervorsichtigen und zögerlichen Elektrizitätswerks-Direktor Savelsberg nicht durchsetzen.³¹

Raschs Lehrtätigkeit schlug sich in einer umfangreichen Erweiterung des Vorlesungs- und Übungs-Angebots nieder. Im Vorlesungsverzeichnis für das Studienjahr 1900/01 waren seine Vorlesungen erstmals angekündigt. Unverkennbar wurde hier dem Systemcharakter der Elektrotechnik Rechnung getragen. In der zweistündigen Vorlesung »Elektrische Starkstromanlagen« waren Leitungsnetze, Zentralanlagen und Einzelanlagen, Kostenanschläge und Rentabilitätsberechnungen, Installationsarbeiten und die Abnahmeverfahren fertiger Anlagen Thema. Exemplarisch wurden Beispiele von ausgeführten Anlagen auf der Basis von Gleich-, Wechsel- und Drehstrom vorgestellt. Inhalt der ebenfalls zweistündigen »Elektrotechnischen Konstruktionsübungen« war das Entwerfen und Konstruieren von Stromerzeugern, Motoren und Transformatoren. In der nur im Winterhalbjahr gehaltenen zweistündigen Vorlesung »Elektrische Bahnen« wurde mit Bahnmotoren, ihrem Entwurf, Betriebsverhalten und ihrer Regelung, mit elektrischer Bremsung, den verschiedenen Systemen elektrischer Bahnen, der ober- und unterirdischen Stromzuführung, den Akkumulatorensystemen und gemischten Systemen, der Stromverteilung, den speziellen Zentralstationen für Bahnanlagen sowie den Pufferbatterien ein außerordentlich breites Themenspektrum angeboten. Die dreistündige Vorlesung »Elektrische Arbeitsübertragung« im Sommerhalbjahr umfasste einen allgemeinen Teil, in dem Übertragungen mit Gleichstrom und mit

29 Vgl. Damm, Technische Hochschulen, 1899, S. 150-171; König, Technikwissenschaften, S. 29-30, 134; HA Aachen, Nr. 886b.

30 Otto Intze (* 17. Mai 1843 in Laage / Mecklenburg – † 28. Dezember 1904 in Aachen) wurde 1870 zum Professor für Baukonstruktionen und Wasserbau an die Aachener Hochschule berufen und war von 1895 bis 1898 Rektor der TH Aachen. Neben umfangreichen Projektierungsarbeiten für Industriebauten hatte er eine entsprechende Funktion auch beim Bau der Urfttalsperre und des zugehörigen Wasserkraftwerks.

31 Vgl. König, Technikwissenschaften, S. 30. Zur Rolle von Rasch vgl. Carmelita Lindemann, Chancen und Grenzen kommunaler Elektrizitätspolitik. Die Entwicklung des Elektrizitätswerkes Aachen und der Rurtalsperren-Gesellschaft von 1890 bis 1928. (Studien zur Technik-, Wirtschafts- und Sozialgeschichte, Band 8), Frankfurt am Main 1996, S. 113, 149-152.

Wechselstrom sowie die entsprechenden Stromerzeuger, Übertragungseinrichtungen und Motoren behandelt wurden, außerdem Kraftwerke mit Anschluss an Wasserkraftanlagen. Im besonderen Teil standen die vielfältigen Verbrauchseinrichtungen im Mittelpunkt, zum Beispiel elektrisch betriebene Hafenkrane, Schleusentore, Brücken, Weichen, Drehscheiben, Pumpen, Gesteinsbohrmaschinen sowie elektrische Lokomotiven und elektrische Zugvorrichtungen für Kanalschiffe. Im folgenden Jahr wurde dieses Angebot noch ergänzt um eine weitere dreistündige Veranstaltung über das »Entwerfen dynamo-elektrischer Maschinen und Transformatoren«. Neben den Lehrveranstaltungen gab es außerdem ein umfangreiches Angebot an Exkursionen, die beispielsweise im Studienjahr 1903/04 zur Akkumulatorenfabrik von Gottfried Hagen in Köln-Kalk, zum städtischen Elektrizitätswerk in Köln, zur Fabrik der *Aktiengesellschaft Helios* in Ehrenfeld, zu den *Deutschen Elektrizitäts-Werken Garbe, Lahmeyer & Co. A.-G.* in Aachen sowie zur Zentrale Eschweiler der *Aachener Kleinbahn-Gesellschaft* oder im Studienjahr 1910/11 zum Kraftwerk Heimbach und zur Urfttalsperre führten.³²

Unter Gustav Rasch erhielt nicht nur die Ausbildung in der Elektrotechnik an der TH Aachen ein breiteres Fundament, auch der Stellenwert des Fachs innerhalb der Maschinenbauabteilung wurde deutlich angehoben. Rasch gab dem Gebiet der elektrischen Maschinenkonstruktionen, das Grotrian bisher mit vertreten hatte, eine umfassendere Grundlage. Auch das wichtige Lehrfach der Projektierung elektrischer Anlagen war nun an der TH Aachen vertreten. Dieses Gebiet erforderte nicht nur fundierte technische Kenntnisse, sondern ebenso ein betriebswirtschaftliches oder, wie es damals noch hieß, privatwirtschaftliches Wissen, das Rasch während seiner beruflichen Tätigkeiten in der Praxis erworben hatte. Raschs Verdienste wurden dadurch gewürdigt, dass er 1905 zum zweiten »etatmäßigen Professor«³³ für Elektrotechnik ernannt wurde.³⁴ Damit wurde die Lehre deutlich vielfältiger, zumal Otto Grotrian seine Lehrveranstaltungen beibehielt. Neben der »Theorie der Elektrizität und des Magnetismus« bot Grotrian nach wie vor die beiden anderen Vorlesungen an, die er nun »Allgemeine Elektrotechnik« und »Theoretische Elektrotechnik« nannte. Außerdem war er weiterhin für das elektrotechnische Praktikum verantwortlich.³⁵

Rasch reagierte mit seinem Vorlesungsangebot zügig auf die aktuellen Entwicklungen in der Starkstromtechnik. In einer Vorlesung über »Ausgewählte Kapitel der praktischen Elektrotechnik« im Studienjahr 1909/10 ging er auch auf das Problem der Überspannungserscheinungen in Hochspannungsanlagen sowie die diesbezüglichen Schutzeinrichtungen ein. Die Übertragung elektrischer Energie über weitere Entfernungen stand damals noch in den Anfängen, machte aber bis zum Ersten Weltkrieg rasante Fortschritte. Als 1905 das Kraftwerk Heimbach, das damals größte Wasserkraftwerk Europas, in Betrieb genommen wurde, galt die zur Energieübertragung gewählte Spannung von 35 kV noch als ungewöhnlich hoch. Acht Jahre später lag diese

32 Vgl. Programme TH Aachen, Studienjahr 1900/01, S. 83-84; Studienjahr 1901/02, S. 84-85; Studienjahr 1903/04, S. 127; Studienjahr 1910/11, S. 173.

33 Zum Titel eines »etatmäßigen Professors« vgl. Zeittafel (Einträge vom 20. April 1892 und vom 5. Dezember 1906). Statt der historischen Schreibweise »etatsmäßig« wird im Folgenden die heute korrekte Schreibweise »etatmäßig« verwendet.

34 Siehe Zeittafel (Eintrag zum 1. April 1905).

35 Vgl. Programm TH Aachen, Studienjahr 1900/01, S. 77-78.

obere Grenze bereits bei 110 kV. Die Kraftübertragungsanlage zwischen Lauchhammer über Gröditz nach Riesa im mitteldeutschen Braunkohlenrevier war die erste für diese Spannungsebene in Deutschland eingerichtete Hochspannungsübertragung. Mit dem Übergang zu derart hohen Spannungen traten neuartige Probleme auf und es wurden entsprechende Anforderungen an die technisch-wissenschaftlichen Untersuchungen solcher Fragen gestellt. Festigkeit von Isolationsmaterialien, Untersuchung und Beherrschung der Phänomene von Überspannungen und Überstrom, Auslegung von Schaltern, Schutzsysteme und Erdung, Betrieb von Schaltanlagen und Freileitungen waren Gebiete, auf denen von der wissenschaftlichen Elektrotechnik die Klärung von Grundsatzfragen sowie praktische Problemlösungen erwartet wurden. Waldemar Petersen, damals Privatdozent an der Technischen Hochschule Darmstadt, fasste das Wissen über dieses Gebiet erstmals 1911 systematisch in einem Lehrbuch zusammen. Er gab dem neuen Fachgebiet den Namen »Hochspannungstechnik«.³⁶

Ein weiteres Thema, das Rasch in seinen Spezialvorlesungen behandelte, war das Parallelschalten und Pendeln von Wechselstrommaschinen. Dieses Thema – bei dem Rasch mit Arnold Sommerfeld kooperierte – hatte damals hohe Aktualität wegen der Erfahrungen, die man bei der Herstellung der ersten Verbundbetriebe von Kraftwerken machte. Beim Parallelschalten von Generatoren, die über längere Hochspannungs-Leitungen miteinander verbunden wurden, traten bisher unbekannte Effekte auf, deren Verständnis und Beherrschung anfangs erhebliche Probleme bereitete.³⁷

Wegen des großen Umfangs der Ausbildungsinhalte, die Rasch zu vermitteln hatte, war die Hochschule an einer weiteren personellen Verstärkung der Elektrotechnik interessiert. Sie bemühte sich deshalb beim Kultusministerium um eine Dozentur für den 1905 eingestellten Assistenten Leo Finzi, der sich 1903 in Aachen habilitiert hatte. Im Winterhalbjahr 1903/04 hielt er eine einstündige Vorlesung über »Elektrische Leitungen«. Darin behandelte er die Themen Erwärmung, Kapazität und Selbstinduktion der Leitungen, Leitungsnetze und Mehrleitersysteme sowie die Wirtschaftlichkeit der Leitungen. Für das Sommerhalbjahr setzte er eine ebenfalls einstündige Vorlesung über die »Praktische Prüfung elektrischer Maschinen« auf das Programm. In den folgenden Studienjahren erweiterte und variierte Finzi sein Angebot. Neben »Übungen im Berechnen elektrischer Leitungen« behandelte er die »Magnetischen Eigenschaften des Eisens« und hielt eine Vorlesung über »Ausgewählte Kapitel aus der Elektrotechnik«. Seit dem Studienjahr 1906/07 behandelte Finzi auch die »Elektromotorischen Antriebe in Berg- und Hüttenwesen« und bot damit den Studenten der Bergbau-Fakultät eine besondere Vorlesung über Elektrotechnik in ihrem Berufsfeld. Damit bewies die Aachener Elektrotechnik erneut eine hohe Praxisrelevanz, denn das Thema war in der Region aktuell. Nicht nur die Steinkohlenzechen und Unternehmen der Hütten- und Stahlindustrie im Raum Aachen begannen damals mit der Elektrifizierung ihrer Betriebsanlagen, auch vom wachsenden Rekrutierungsbedarf der großen Berg-

36 Vgl. Die Kraftübertragungsanlage Lauchhammer-Gröditz-Riesa; in: Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure 57(1913), S. 1205-1211, 1255-1263, 1296-1302; Programm TH Aachen, Studienjahr 1909/10, S. 120-121; Waldemar Petersen, Hochspannungstechnik, Stuttgart 1911.

37 Vgl. Arnold Sommerfeld, Das Pendeln parallel geschalteter Wechselstrommaschinen, Elektrotechnische Zeitschrift 25(1904), S. 273-276, S. 291-295; vgl. auch Das Parallelarbeiten und die Stromverteilung zweier Wechselstromzentralen; in: Elektrotechnische Zeitschrift 34(1913), S. 153-154.

werks- und Hütten-Gesellschaften des Ruhrgebiets konnten die Elektrotechnik-Absolventen der TH Aachen profitieren.³⁸ Nach wie vor waren die Aachener Elektrotechniker als Berater von Elektrizitätswerken gefragt. So bot sich Finzi im Juli 1909 an, unter Verzicht auf ein Honorar als Berater bei der Gründung und Gestaltung des Kreis-Elektrizitätswerks Erkelenz zu fungieren.³⁹

Ein drohender Weggang von Finzi konnte dadurch verhindert werden, dass ihm zum 1. April 1909 eine Dozentur für Elektrotechnik übertragen wurde. Mit Wirkung vom 1. Oktober 1908 war ihm bereits die Bezeichnung »Professor« verliehen worden. Mit der Einrichtung der neuen Dozentur war die Etablierung der Elektrotechnik an der TH Aachen vorläufig abgeschlossen. Finzi übernahm seit dem Studienjahr 1908/09 die Ausbildung im Fach »Elektrische Zentralanlagen und Leitungen«, aufgeteilt auf eine zweistündige Vorlesung im Winterhalbjahr und eine zweistündige Übung im Sommerhalbjahr. Rasch war weiterhin für die »Elektrotechnischen Konstruktionsübungen« unter Einbeziehung des Entwurfs von Stromverteilungsanlagen sowie für das Entwerfen elektrischer Maschinen und Transformatoren zuständig. Die Vorlesungen über »Elektrische Bahnen« und über »Ausgewählte Kapitel der praktischen Elektrotechnik« hielt er seit 1909/10 im jährlichen Wechsel.⁴⁰ 1909 konnte Rasch nach jahrelangem Drängen endlich die Einrichtung eines elektrotechnischen Prüffeldes durchsetzen, das seiner Leitung unterstellt wurde. Anders als im alten Labor waren hier jetzt auch Experimente mit Hochspannung möglich.

Parallel zum Ausbau des Lehrangebots wurde das Studium zudem aufgewertet durch eine Erweiterung des elektrotechnischen Studiengangs von drei auf vier Jahre, verbunden mit Ergänzungen im Kanon der Prüfungsfächer. Die Aachener Abteilung für Maschinen-Ingenieurwesen beantragte am 4. Juni 1910 beim preußischen Kultusminister die Abänderung der Diplomprüfungsordnung vom 12. Juni 1907 mit der Bitte um eine stärkere Berücksichtigung der Fächer Mechanik, Mechanische Technologie und Nationalökonomie. Dies ist zunächst ein Hinweis auf die stärkere Praxisorientierung aller Fachgebiete von Maschinenbau und Elektrotechnik. Für Elektrotechniker sollte zudem das Fach »Fabrikorganisation« unter die mündlichen Prüfungen aufgenommen werden, außerdem sollten für die Meldung zur Vorprüfung Übungsergebnisse in Nationalökonomie Vorbedingung sein. Die Wünsche wurden in der neuen Diplomprüfungsordnung der Abteilung für Maschinen-Ingenieurwesen der Königlich-Technischen Hochschule zu Aachen berücksichtigt, die im Oktober 1910 in Kraft trat.⁴¹

38 Vgl. König, Technikwissenschaften, S. 224; Gilson, Konzepte, S. 244; E. Hellmann, Die elektrischen Anlagen auf den Zechen des Eschweiler-Bergwerkvereines; in: Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure 55(1911), S. 1098-1104, 1153-1161, 1293-1296; Programme TH Aachen, Studienjahr 1903/04, S. 94; Studienjahr 1904/05, S. 97; Studienjahr 1905/06, S. 97; Studienjahr 1906/07, S. 101-102.

39 Vgl. HStAD, LA Erkelenz, Nr. 468.

40 Vgl. Programme TH Aachen, Studienjahr 1908/09, S. 119-121; Studienjahr 1909/10, S. 120-123; Studienjahr 1910/11, S. 122-125.

41 Vgl. Vorsteher der Abt. III an Minister der geistlichen, Unterrichts- und Medizinal-Angelegenheiten, 4. Juni 1910 (HA Aachen, Nr. 57a); vgl. auch HA Aachen, Nr. 4; König, Technikwissenschaften, S. 30-31.