

Heft 5

August Toepler

**und die frühe Elektrophysik am
Königlichen Polytechnikum in Dresden**

Günter Dörfel

AK 20 „Geschichte der Elektrotechnik“, August 2021

August Toepler

**und die frühe Elektrophysik am
Königlichen Polytechnikum in Dresden**

Günter Dörfel

Dresdner Hefte zur Geschichte der Elektrotechnik
Heft 5 (2021)

Schriftenreihe des VDE Dresden e.V.
Arbeitskreis AK 20 „Geschichte der Elektrotechnik“

Die Autoren veröffentlichen ohne Honorar.

Alle Rechte vorbehalten.

Nachdruck, Vervielfältigung und Übersetzung, auch auszugsweise, nur mit ausdrücklicher Genehmigung gestattet.

Impressum:

VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V.
VDE Dresden e.V.
Geschäftsführer: Dr.-Ing. Dietmar Siegmund

Arbeitskreis „Geschichte der Elektrotechnik“
Vorsitzender: Hochschuldozent i.R. Dr.-Ing. Hartmut Bauer
Redaktionsschluss: 31.08.2021

Geschäftsstelle:
c/o TU Dresden Institut für elektrische Energieanlagen und Hochspannungstechnik
01062 Dresden
Besuchsadresse:
01069 Dresden, Mommsenstraße 12, Toeplerbau, Zimmer 109/110

Telefon: +49 351 463-34574
Telefax: +49 351 463-34533
E-Mail: vde-dresden@vde-online.de

Redaktionelle Bearbeitung, Layout und Satz: Hartmut Bauer
Layout Umschlag: AK 20 nach einem Entwurf von Burkhard Hollwitz (IGHFt e.V.)

Druck: A-Z Druck Dresden e. K., 01187 Dresden

ISSN: 2629-7167

Erscheinungsort: Dresden, Deutschland

Vorwort

Die hier vorgelegte Betrachtung ist keine Biografie im engeren Sinne. Vier Stichworte bestimmen den Blickwinkel, unter dem die Leistungen August Toeplers herausgestellt werden sollen: *Vakuumerzeugung* als Voraussetzung für die Gasentladungsforschung; seine Begründung der *Schlierenmethode* als Verbindung von Optik, Elektrizitätslehre und Akustik; *Influenzmaschinen* als Energiewandler und Hochspannungserzeuger sowie die frühe *Nachrichtentechnik*. Diese Schwerpunkte in Toeplers viel breiter gefächertem Tätigkeitsfeld sollen im Lichte seiner Zeit(en) und mit Blick auf deren wissenschaftsgeschichtliche Bedeutung betrachtet werden. Dieser Vorsatz schließt einfache Auflistungen und Würdigungen aus und erfordert zumindest den Versuch, die auslösenden Momente und konkurrierende, kooperierende und nachfolgende Entwicklungen angemessen zu berücksichtigen. Der so aufgespannte Rahmen bietet dann auch Raum für Bemerkungen zu weiteren Tätigkeitsgebieten Toeplers und zur Berücksichtigung zeit- und hochschulgeschichtlicher Aspekte.

Das in Dresden zugängliche Archivmaterial zu Toepler ist umfangreich und wohl geordnet, inhaltlich aber keineswegs voll erschlossen. Insofern gingen in die hier vorgelegte Arbeit auch bisher nicht bekannte oder nicht beachtete Sachverhalte ein. Das betrifft insbesondere, aber nicht nur, Toeplers Arbeiten zur Nachrichtentechnik.

Der ziemlich abrupte Abbruch der technischen Anwendung der von Toepler so maßgeblich beeinflussten Entwicklung und Etablierung von Influenzmaschinen in den ersten Jahrzehnten des vergangenen Jahrhunderts hinterließ ein offenes Kapitel: eine von Toepler schon sehr früh nachgefragte quantitative Analyse des Wirkungsgrades, den diese Maschinen erreichen können. In einem speziellen Abschnitt wird versucht, diese Lücke zu schließen. Dieser kann ohne großen Informationsverlust übergangen werden; zumindest, was die mitgeteilten Rechenschritte betrifft.

Um den laufenden Text und die zugehörigen Anmerkungen (Fußnoten) nicht zu überfrachten, werden biographische Anmerkungen, soweit sie im hier aufgespannten Raum wichtig erscheinen, in einem Anhang sehr kurzgefasst nachgetragen. Die Redaktion hat darüber hinaus ein Personenregister beigegeben. Die Namen der betreffenden Personen sind im Text bei deren Ersterwähnung *kursiv* gesetzt, die der im biografischen Anhang ausführlicher besprochenen Personen zusätzlich **fett**.

Diese Schrift wendet sich an historisch interessierte Techniker und Naturwissenschaftler. Die dargelegten Sachverhalte könnten aber auch Interpretationen und künftige Untersuchungen stützen, die den Denk- und Darstellungsweisen der Wissenschaftsgeschichte als spezifischer Fachdisziplin stärker verpflichtet sind als diese Arbeit.

Günter Dörfel

AK „Geschichte der Elektrotechnik“ beim VDE Dresden e.V.

Dresden, im Juli 2021

ERRATUM

S. 35, Gl. (6.1): $Q = \frac{U_e F_e}{2s} \rightarrow v = \frac{l}{2s}$

S. 38, Gl. (6.16): $U_{\uparrow} = \frac{U_{\downarrow} k C + U_E C}{(1+k)C}$

S. 60:

Zwischen Toepler, A. (1865) und Holtz, W. (1865) ist einzufügen [Zitat auf S. 27]:

Poggendorfff, Chr.: Kurzmitteilung ohne Titel.

Monatsberichte der Königlichen Preuss. Akademie der Wissenschaften. Aus dem Jahre 1865, Berlin 1866, 173-174.

S. 65:

Zwischen Schöpf (1987) und Sauer (1993) ist einzufügen [Zitat auf S. 15]:

Adolph, K.-H.; Lienert, M.; Ziesche, P.: Eine Wissenschaftlerfreundschaft zwischen Ludwig Boltzmann und August Toepler – dokumentiert vom Universitätsarchiv und der Sektion Physik der Technischen Universität Dresden aus Anlaß des 80. Todestages von Ludwig Boltzmann und des 150. Geburtstages von August Toepler. Wissenschaftliche Zeitschrift der Technischen Universität Dresden 36 (1987) H. 1, 1-12.



August Joseph Ignatz Toepler

geboren am 7. September 1836 in Brühl bei Köln,
gestorben am 6. März 1912 in Dresden.

/ Kustodie der TU Dresden/

Inhalt

Vorwort	3
1 Einleitung.....	8
2 Vom Rhein an die Elbe – die frühe Vita des August Toepler	11
2.1 Die frühen Studien.....	11
2.2 Das Streben nach akademischen Würden	12
2.3 Die außergewöhnlich fruchtbare Phase in Poppelsdorf.....	13
2.4 Am Polytechnikum in Riga.....	14
2.5 Toeplers Berufung nach Graz	14
3 Der Ruf nach Dresden.....	15
3.1 Das Polytechnikum in Dresden um 1875: eine „hochgeltende Anstalt“	15
3.2 Graz ↔ Dresden: Flieh- und Beharrungskräfte.....	16
4 Toeplers Vakuumpumpe	18
4.1 Die Vorgeschichte.....	18
4.2 Toeplers Pumpe.....	19
4.3 Unter- und Überschätzung, Weiterentwicklung	20
4.4 Eine technologische Nebenbühne.....	21
5 Toeplers Schlierenmethode	22
5.1 Die Herausforderung	22
5.2 Das Grundprinzip.....	22
5.3 Die weitere Entwicklung.....	24
6 Influenzmaschinen	27
6.1 Zur Geschichte der Influenzmaschinen	27
6.2 Qualitative und quantitative Betrachtungen	33
6.2.1 Das Modell nach Robert Wichard Pohl	33
6.2.2 Eine elementare Theorie der Effizienz von Influenzmaschinen	34
6.3 Wertung.....	40
7 Der Nachrichtentechniker August Toepler.....	41
7.1 Erste Wahrnehmungen	41
7.2 Toeplers Jenaer Dissertation	41
7.2.1 Die bibliographische Geschichte der Promotionsschrift	41
7.2.2 Ein amplitudenbasiertes Codier-/Decodier-System	42
7.3 Toeplers Stimmgabelrufer.....	45
8 August Toeplers mathematische Intentionen	47
9 Das Polytechnikum Dresden und die Internationale Ausstellung für Elektrizität 1881 in Paris ...	48

10	Die Dresdner Jahre	50
10.1	Drucklibelle.....	50
10.2	Vorlesungsapparate	50
10.3	Gasentladungsphysik.....	51
10.4	Ehrungen und Auszeichnungen.....	53
10.5	August Toepler und der Berliner Elektrotechnische Verein.....	55
10.6	Persönliches.....	56
11	Schlussbemerkungen.....	58
12	Zitierte Literatur, chronologisch geordnet	60
13	Biographische Anmerkungen	67
	Erwähnte Personen	78
	Autor.....	81
	Bisher veröffentlichte „Blaue Bücher“ und Dresdner Hefte	82

1 Einleitung

Als die Technische Hochschule Dresden 1961 in den Rang einer Technischen Universität erhoben wurde, war Georg **Mierdel** schon acht Jahre berufener Professor für Theoretische Elektrotechnik und Gleichrichter an der Fakultät für Elektrotechnik. Als Hochschullehrer in Berlin, als Industriephysiker in den dortigen Siemenswerken und – kriegs- und nachkriegsbedingt – in Tochter- und Nachfolgeunternehmen in der Tschechoslowakei, hatte er seine in der Greifswalder Schule des Rudolf **Seeliger** erworbenen Fähigkeiten und Kompetenzen auf dem Gebiet der Gasentladungsphysik ausgebaut und weitergereicht.¹ Neben Mierdel bot auch Werner **Hartmann** Vorlesungen über „Elektrophysik“ an. Diese waren aus Hartmanns Lehrtätigkeit an der 1955 gegründeten und 1962 aufgelösten Fakultät für Kerntechnik hervorgegangen und inhaltlich – ähnlich wie bei Mierdel – durch Industrieerfahrung geprägt.

Mit dieser starken elektrophysikalischen Ausrichtung stand die junge Universität in der Tradition der in Dresden tätig gewesenen Hochschullehrer Adolf **Güntherschulze**, Harry **Dember**, Maximilian (Max) **Toepler** und Wilhelm **Hallwachs**. Letzterer war, anknüpfend an bahnbrechende Entdeckungen von Heinrich **Hertz**, durch Arbeiten zum lichtelektrischen Effekt bekannt und deshalb nach Dresden berufen worden. Dember und Güntherschulze hatten diese nach Dresden gebrachte Tradition weitergeführt und mit ihren Mitarbeitern maßgebliche Beiträge zur Gasentladungsphysik – die Fotoelektronik wurde damals diesem Wissenschaftszweig zugerechnet – geleistet. Am Anfang dieser Kette, deren Glieder institutionell teils der Physik und teils der Elektrotechnik zuzurechnen sind, stand August Joseph Ignatz **Toepler**².

August Toepler hat schon zu Lebzeiten viele Ehrungen erfahren – insbesondere während seiner Dresdner Jahre. Bei den vielfältigen Würdigungen seiner wissenschaftlichen Leistungen blieben Unter- und Überschätzungen, Missverständnisse und Unterlassungen nicht aus. Wir wollen hier zwischen diesen Polen vermitteln und folgende Themenbereiche besonders herausstellen:

Toepler ist einer der Erfinder (und Ausgestalter!) der Influenzmaschinen. Seine Erwartung, dass diese Maschine *die* Möglichkeit eröffne, mechanische Energie in elektrische Wirkungen zu wandeln, bestätigte sich nicht. Das verstellt den Blick darauf, dass – neben der zwischenzeitlichen durchaus auch wirtschaftlichen Bedeutung der Influenzmaschinen – das diesen Maschinen inhärente Prinzip der Selbsterregung Pate stand bei der kurz darauf erfolgten Implementierung des erfolgreich konkurrierenden dynamoelektrischen Prinzips der Generatoren des Werner (von) **Siemens**. Darauf wies dieser schon 1880 hin³. Heinrich **Barkhausen** behandelte beide Maschinen-Typen unter diesem einheitlichen Gesichtspunkt in seiner 1906 in Göttingen verteidigten Doktordissertation⁴.

¹ Verwiesen sei auf [Dosse/Mierdel 1949] und [Mierdel 1970].

² Zu den damaligen Strukturen und den handelnden Personen siehe [Pommerin 2003], [Pulla 2003] u. [Lunze 1993].

³ „Das Prinzip, auf welchem diese Maschinen beruhen, ist dasselbe, auf welches die Elektrisiermaschinen von Toepler und Holtz begründet sind, das der Verstärkung der Ursache der elektrischen Spannung durch die Wirkung derselben.“ Nach [Siemens 1880; S. 19].

⁴ Siehe [Barkhausen 1907; S. 30-42].

Wir werden hier – eingefügt in eine kurze Geschichte der Influenzmaschinen – eine offenbar angesichts des historisch abrupten Niedergangs von deren Bedeutung bisher unterlassene (und vom Leser durchaus auch übergehbare) quantitative Darstellung der Grenzen dieser Maschinen geben.

Wenn wir davon ausgehen, dass Toeplers Influenzmaschine eine Konsequenz aus der in Bonn von dem genialen Glasapparatebauer Heinrich **Geißler** angestoßenen systematischen Gasentladungsforschung ist, dann fügt sich Toeplers Erfindung einer von mechanisch zu betätigenden Hähnen oder Ventilen freien Vakuumpumpe – ein Gegenentwurf zu Geißlers sehr erfolgreicher Pumpe – nahtlos in den Werdegang Toeplers ein. Die Wertung von deren Unter- und Überschätzung ist ein Element unserer Würdigung August Toeplers.

Toepler hat in seiner außerordentlich fruchtbaren Zeit als Dozent an der Landwirtschaftlichen Akademie Poppelsdorf bei Bonn auch eine völlig eigenständige optische Methode begründet: Die Schlierenmethode zur Sichtbarmachung optischer Unregelmäßigkeiten in oder auf Linsen und Spiegeln. Toepler weitete seine Methode aus und konnte druckabhängige Unterschiede der Lichtlaufzeit bzw. der optischen Brechkraft in Luft sichtbar machen. Seine Familie sah das als *die* bleibende Leistung des Familienvaters an und machte es auch am Grabmal sichtbar (Bild 1).

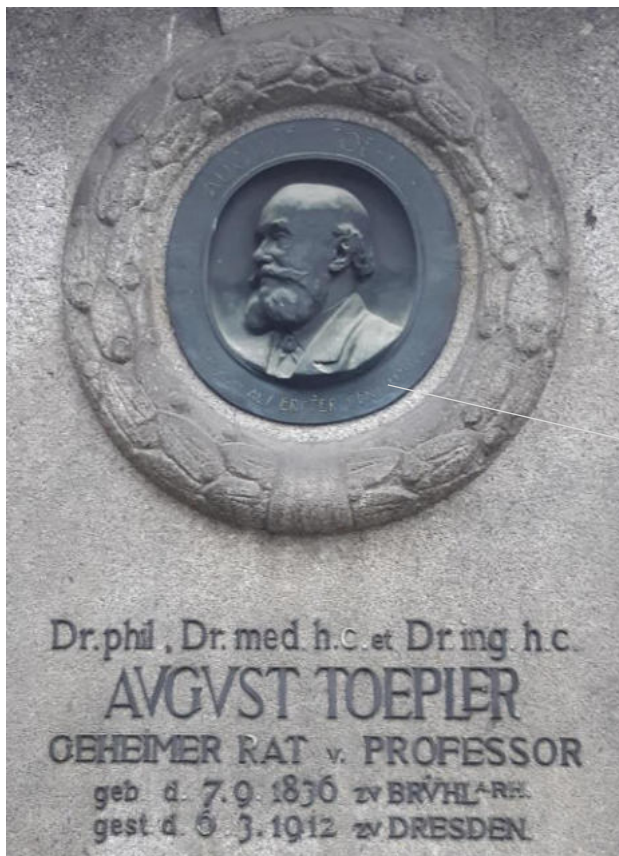


Bild 1: Relief-Medaillon mit der Umschrift

„AUGUST TOEPLER ER HAT ALS
ERSTER DEN SCHALL GESEHEN“.

Grabmal auf dem JohannisFriedhof
in Dresden-Tolkewitz. /Foto: Dörfel/

Hier sehen wir ein weiteres Motiv Toeplers, sich mit Hochspannungsmaschinen zu befassen: Um in einem begrenzten Element des Schallfeldes hinreichend große Dichteunterschiede der Luft zu erzeugen und sichtbar zu machen, benutzte er Hochspannungsentladungen.

Strömungsforscher, Ballistiker und Flugzeugbauer bauten die Methode aus und machten sie populär. Sie hat in ihrer frühesten Ausgestaltung mit den vorstehend genannten Forschungsgegenständen gemeinsam, dass es die etablierten Publikationsorgane Toepler zunächst schwer machten, seine Forschungsergebnisse einer breiten wissenschaftlichen Öffentlichkeit vorzustellen. In einen größeren Zusammenhang gestellt, kann man in Toeplers Methode einen Vorläufer des von Frits (Frederik) *Zernike* erfundenen und von Zeiss Jena realisierten nobelpreisträchtigen (1953) Phasenkontrastverfahrens zur mikroskopischen Untersuchung kontrastarmer Objekte sehen.

Völlig unterbelichtet blieben in den bisher veröffentlichten Würdigungen A. Toeplers Beiträge zur Nachrichtentechnik (damals Telegraphentechnik). Eine der Ursachen ist, dass seine erste wissenschaftliche Äußerung hierzu, seine 1860 in Jena eingereichte und akzeptierte Doktor-Dissertation, zwar oft zitiert (genauer: deren Titel), aber umständehalber praktisch nie gelesen werden konnte. Die handschriftliche, nie gedruckte Dissertation ist in Jena verloren gegangen; dies möglicherweise im Zusammenhang mit einer 1912 vom Sohn Maximilian Toepler in Auftrag gegebenen Abschrift. Diese ist erst kürzlich, im Dezember 2020, in Dresden wieder aufgefunden worden. Darauf und auf damit korrespondierende spätere Aktivitäten Toeplers wird ebenfalls eingegangen.

Die genannten Leistungen, zumindest deren Grundlagen, erarbeitete Toepler während seiner im akademischen Sinne unauffälligsten aber wohl fruchtbarsten Zeit, in Poppelsdorf. Der mit den genannten Forschungsschwerpunkten aufgespannte Raum bietet Gelegenheit, weitere Ereignisse aus Toeplers wissenschaftlicher Laufbahn einzufügen und auch hochschulgeschichtlich interessante Details zu benennen. Dabei soll auch auf Toeplers teils fruchtbare, teils widersprüchliche mathematische Ambitionen hingewiesen werden.

2 Vom Rhein an die Elbe – die frühe Vita des August Toepler

2.1 Die frühen Studien

August Toepler wurde in eine sozial abgesicherte Familie geboren. Sie ermöglichte ihm eine ausgewogene Allgemeinbildung und musische Erziehung. Er galt als guter Pianist und Zeichner. Der Vater war Erster Lehrer am Schullehrer-Seminar in Brühl am Rhein und hatte diverse Ehrenämter inne. Aber er hatte für neun Söhne zu sorgen. Dem Drittgeborenen war, trotz ausgezeichneter schulischer Abschlüsse⁵ und dadurch erworbener Stipendien, eine rein akademische Ausbildung verwehrt. August Toepler studierte 1855-1858 an der Königlichen Gewerbeschule zu Berlin, einer der Vorläufereinrichtungen der Technischen Hochschule (Berlin-) Charlottenburg.

Nach einigen Gelegenheitsarbeiten kam Toepler 1858 nach Poppelsdorf bei Bonn und trat eine Stelle als Chemiker an der dortigen Landwirtschaftlichen Akademie Poppelsdorf an. Daraus wurde, vermutlich anknüpfend an [Hallwachs 1912] und an Formulierungen in dem von A. Toeplers Sohn Maximilian verbreiteten Lebenslauf [Toepler, M. 1936], immer wieder geschlossen, A. Toepler habe in Berlin Chemie studiert. Toeplers Berliner Studien waren aber sehr viel breiter angelegt. Es gehört zu den pikanten Missverständnissen von Wissenschaftlerkarrieren, dass Toepler in den chemisch angelegten Studienfächern – im Gegensatz zu physikalisch, mathematisch und technisch orientierten Fächern – mehrheitlich *nicht* auf „sehr gute“ Ergebnisse verweisen konnte (Bild 2).⁶

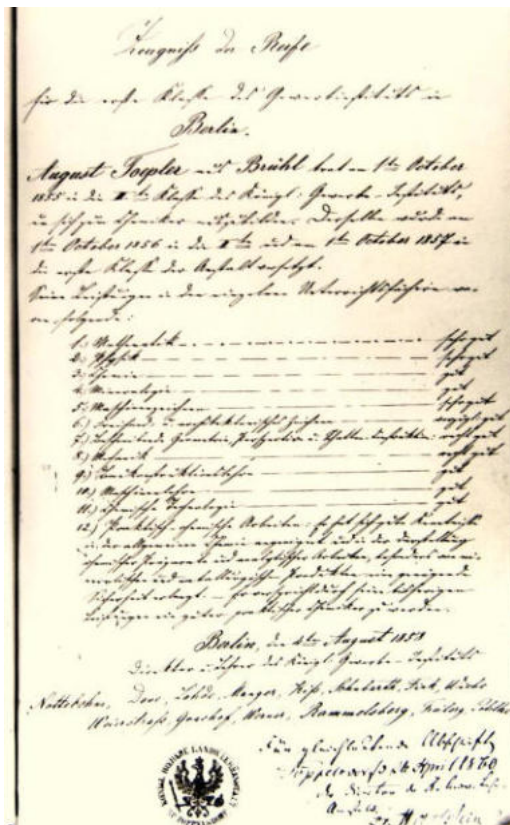


Bild 2:

Beglaubigte Abschrift des Abschlusszeugnisses, ausgestellt vom Gewerbeinstitut Berlin. „Gute“ Ergebnisse erlangte er in Chemie, Mineralogie, Baukonstruktionslehre, Maschinenlehre und Chemische Technologie.

Alle anderen Fächer (Mathematik, Physik, Geometrie, Perspective u. Schatten-Constructio) schloss Toepler mit „sehr gut“, „recht gut“ und „vorzüglich gut“ ab.

Aus dem Datum der Abschrift ist zu schließen, dass diese zur Vorlage in Jena anlässlich seines Promotionsgesuchs angefertigt wurde.

/Nach TUDA, nlaumtoepler (1), Nr. 04./

⁵ Reifezeugnisse erwarb A. Toepler 1854 an der Höheren Bürgerschule und 1855 an der Königlichen Provinzial-Gewerbeschule, beide zu Köln. Nach den im TUDA (Archiv der TU Dresden), Nachlass A. und M. Toepler, verwahrten Zeugnissen: nlaumtoepler (1) Nr. 01 u. Nr. 03. Wir werden nachfolgend verkürzt zitieren.

⁶ TUDA, nlaumtoepler (1), Nr. 04 „Zeugnis des Gewerbeinstituts Berlin“ (Fotokopie).

2.2 Das Streben nach akademischen Würden

Trotz offenbar sehr erfolgreicher und öffentlich gewürdigter Tätigkeit in Poppelsdorf – die Zeugnisse aus Anlass seines Wechsels nach Riga belegen das – verfolgte Toepler eine akademisch angelegte Karriere. Eine Urkunde von 1857 weist den „rheinischen Studenten A. Toepler“ als „Mitglied der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn“ aus.⁷ Sie belegt wohl nur eine Absichtsbekundung und Vorsichtsmaßnahme.

Als sich Toepler 1860 um die Doktorwürde an der Universität Jena bewarb, verwies er ehrenwörtlich auf universitäre Studien an der Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin, der heutigen Humboldt-Universität. Mehrere seiner Lehrer an der Gewerbeschule wirkten gleichzeitig auch dort (**Bild 3**).⁸ Hervorzuheben wären der Mathematiker Karl *Weierstraß* und der Physiker Heinrich Wilhelm *Dove*. Bonner Studien benannte er nicht. Trotzdem wurde der Werdegang Toeplers als Physiker und Techniker insbesondere von seiner Poppelsdorfer /Bonner Zeit geprägt.

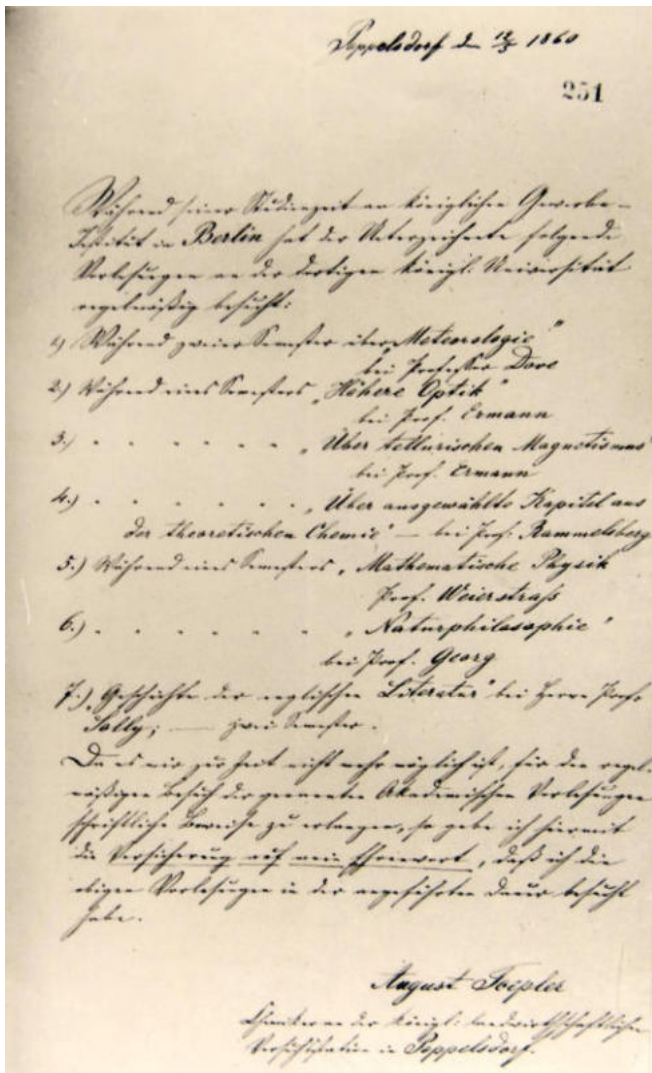


Bild 3:
Toepler versichert ehrenwörtlich, dass er während seiner Studienzeit in Berlin folgende Vorlesungen an der Königlichen Universität besuchte:

- Meteorologie,
- Höhere Optik,
- Über tellurischen Magnetismus,
- Ausgewählte Kapitel der theoretischen Chemie,
- Mathematische Physik,
- Naturphilosophie.

Die Versicherung wurde anlässlich des Promotionsverfahrens in Jena abgegeben.
/Nach TUDA, nlaumtoepler (1), Nr. 06./

⁷ TUDA, nlaumtoepler (1) Nr. 315 „Urkunde...“. Der Text ist lateinisch geschrieben und bis auf die persönlichen Einträge vorgedruckt – offensichtlich ein leicht erlangbares und wenig aussagbares Dokument.

⁸ TUDA, nlaumtoepler (1) Nr. 06, „Übergabe der Dissertation (Fotokopien)“.

2.3 Die außergewöhnlich fruchtbare Phase in Poppelsdorf

Im Herbst 1859 kam Toepler nach Poppelsdorf. An der Königlichen Landwirtschaftlichen Akademie⁹ übernahm er eine Stelle als Chemiker. Ab 1861 unterrichtete er Physik und Chemie und vertrat vom Herbst 1862 bis zu seinem Ausscheiden Ostern 1864 die Dozentur für Physik, Technologie und Chemie. Es fällt schwer, diese außerordentlich intensive Arbeitsphase angemessen zu würdigen. Das von Toepler nicht gerade bevorzugte Fach Chemie vertrat er, wie überlieferte Zeugnisse belegen¹⁰, gewissenhaft und auch publizistisch erfolgreich.¹¹

Offenbar inspiriert vom im benachbarten Bonn tätigen Glasbläser und Instrumentenbauer Heinrich Geißler¹², legte er einen Gegenentwurf zu dessen Vakuumpumpe vor. Im Zusammenhang mit von Geißler initiierten Gasentladungsexperimenten, aber wohl auch weil er zur Speisung einer Knallfunkenstrecke aus Leydener Flaschen¹³ (frühen Hochspannungskondensatoren geringer Kapazität) eine Hochspannungsquelle brauchte, entwickelte er mit dem Konzept der Influenzmaschine eine Alternative zum Funkeninduktor (damals oft nach seinem Erfinder „*Ruhmkorff*“ genannt). Die Funkenstrecke benötigte er auch als Blitzlichtquelle, als er die Potentiale seiner Schlierenmethode auf dynamische Prozesse, eben auf die von Schall ausgelösten dichteabhängigen optischen Eigenschaften der Luft, ausdehnte. Daneben legte er der Universität Jena eine Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades vor.

Warum Jena? Die Universität Jena verlangte nicht zwingend die Drucklegung der Dissertation. Und in Jena konnte man in Abwesenheit promoviert werden. Das kam Zwängen zur Sparsamkeit, denen Toepler unterlag, und einem Zeitdruck, den er sich auferlegt hatte, sehr entgegen.¹⁴ Der Qualität der Dissertation Toeplers tat dieses Verfahren keinen Abbruch. Toepler hatte „Über einen Vorschlag zu einer neuen Methode durch einen einzigen Leitungsdraht gleichzeitig mehrere telegraphische Depeschen zu befördern“ gearbeitet. Letztlich ging es, um heutige Begriffe zu verwenden, um ein Decodierproblem.

Dessen technische Lösung hatte er mit anspruchsvollen mathematischen Ansätzen zur Abschätzung der Sicherheit des Verfahrens verknüpft. Das war ein neuer Ansatz. Bis dahin war die frühe Telegraphentechnik eine Verknüpfung von Feinmechanik und Relais-technik und hatte wenig mit den exakten Naturwissenschaften oder Elektrotechnik als wissenschaftlicher

⁹ Poppelsdorf kam 1905 zu Bonn. Aus der Akademie wurde 1934 die Landwirtschaftliche Fakultät der Universität Bonn.

¹⁰ Wir verweisen hier auf TUDA, nlaumtoepler (1) Nr. 05 u. 09 „Beurteilung d. Landw. Akademie anlässlich der Berufung nach Riga“ sowie Nr. 331 „Verabschiedung Toeplers aus Poppelsdorf“.

¹¹ Wir verweisen auf [Toepler 1860 (b)]. In der gleichen Schriftenreihe äußerte sich Toepler auch zu technologischen Problemen, nämlich zum Einsatz von Dampfmaschinen in der Landwirtschaft.

¹² Der Vollständigkeit halber sei angemerkt, dass Geißler bis 1852/53 als „Verfertiger chemischer und physikalischer Instrumente zu Poppelsdorf bei Bonn“ firmierte [Dörfel 2013]. Eine Beziehung Geißler/Toepler lässt sich daraus nicht herleiten. Seine hier ausgewiesenen Leistungen erbrachte Geißler später in Bonn.

¹³ Leydener Flaschen sind innen und außen mit Metallfolie belegte Glaszylinder. Sie dien(t)en als spannungsfeste Kondensatoren (relativ geringer Kapazität).

¹⁴ Diese (nicht nur in Jena gepflegte!) Praxis hat im Zuge ideologisch eingefärbter Auseinandersetzungen, z. B. festgemacht an der in Abwesenheit erfolgten Promotion von Karl Marx (1841) in Jena, gelegentlich Zweifel an der Qualität der akademischen Normen in Jena genährt. Die Jenaer Dekanatsakten belegen aber eine relativ große Zahl von zurückgewiesenen Dissertationen und dokumentieren einen hohen akademischen Anspruch der Universität eben auch in der Mitte des 19. Jahrhunderts.

Disziplin zu tun.¹⁵ Natürlich sind viele von Toeplers Themen in der Poppelsdorfer Zeit erst in Ansätzen ausgearbeitet. Immer wieder wird er später auf diese Fragestellungen zurückkommen. Aber bewunderungswürdig bleiben Umfang und Qualität seiner Arbeiten aus dieser Zeit dennoch.¹⁶

2.4 Am Polytechnikum in Riga

Auch als Toepler zum Sommersemester 1864 als Professor an das Baltische Polytechnikum in Riga berufen wurde, baute man auf dessen Kompetenzen als (Agro-)Chemiker. Nicht zu unrecht, wie seine Untersuchungen belegen.¹⁷ „Seine außeramtliche Tätigkeit war aber auch hier völlig der Physik gewidmet und durch eine Reihe glänzender öffentlicher physikalischer Experimentalvorträge schuf er sich auch in den weitesten Kreisen eine besonders angesehene Stellung [Hallwachs 1912].“ Ausarbeitungen zur Influenzmaschine und zur Schlierenmethode – hier standen stroboskopische Gesichtspunkte zur Sichtbarmachung der von Knallfunkenentladungen ausgelösten Dichteschwankungen der Luft im Mittelpunkt – bestimmten seine Tätigkeit und schlugen sich in einer umfangreichen (auch populär-)wissenschaftlichen Publikations- und Vortragstätigkeit nieder.

2.5 Toeplers Berufung nach Graz

1868 wurde der Lehrstuhl für Physik an der Universität Graz frei. Der bisherige Lehrstuhlinhaber Ernst *Mach* war einem Ruf nach Prag gefolgt. Toepler verdankte seinen Ruf nach Graz einem Gutachten von Robert *Kirchhoff*, damals Physikprofessor in Heidelberg. Dessen zweimaliges Vorstelligwerden in Graz half Toepler, sich gegen Friedrich *Zöllner*, Leipzig, und Josef *Loschmidt*, Wien, durchzusetzen.¹⁸ Die Berufung an die Universität Graz zum Herbst 1868 bot Toepler Gelegenheit, als etablierter Physiker in der Wissenschaftlergemeinschaft wahrgenommen zu werden. Seine Tätigkeit dort lässt sich drei Interessensgebieten zuordnen: Mit Hinweis auf das Interesse der Hochschulen in Karlsruhe und Zürich an einer Anstellung Toeplers konnte dieser in Graz den für damalige Verhältnisse außergewöhnlich großzügigen Neubau eines Physikalischen Instituts durchsetzen. Seine sehr detaillierten Planungen galten lange als Vorbild für vergleichbare Aktivitäten an anderen Hochschulen. Letztlich bestimmten sie auch seinen späteren Ruf nach Dresden. Physikalisch war Toepler in dieser Zeit insbesondere aber nicht nur mit der Ausgestaltung der Schlierenmethode für dynamische Prozesse befasst. Und wir finden anspruchsvolle Äußerungen Toeplers zu mathematischen Problemen.

¹⁵ Darauf hat Klaus Lunze in seiner Beschreibung der Geschichte der Elektrotechnik an der Dresdner Bildungseinrichtung hingewiesen [Lunze 1993]. Diese Darstellung wurde anlässlich der 1992 unter dem Dekanat von Wilfried Sauer ausgerichteten Feier „40 Jahre Fakultät für Elektrotechnik“ [Sauer 1993] erarbeitet.

¹⁶ Der Dresdner Physiker H.-G. Schöpf hat, anknüpfend an diesen Umstand, in seiner Festrede [Schöpf 1987] sehr interessante Betrachtungen zu den kreativen Phasen von großen Wissenschaftlern vorgetragen.

¹⁷ Toepler publizierte u. a. über die Untersuchung von technischem Gebrauchswasser, die Lage der landwirtschaftlichen Stationen in Russland und weitere landwirtschaftliche Themen. Hierzu siehe TUDA, Nachlass Bibliographie (2) („Der wissenschaftliche Nachlaß des Physikers August Toepler, Toepler Bibliographie“, Abschlussarbeit von Gesine Ullmann).

¹⁸ Hierzu siehe [Hübner 2010]. Auch in [Schöpf 1987] wird auf Kirchhoffs Engagement für Toeplers Berufung nach Graz hingewiesen.

3 Der Ruf nach Dresden

3.1 Das Polytechnikum in Dresden um 1875: eine „hochgeltende Anstalt“

Als August Toepler 1876 von der Universität Gratz an das Polytechnikum Dresden kam, meinte sein Freund, der geniale Physiker Ludwig **Boltzmann**, Toepler habe sich vom Pferd auf den Esel gesetzt.¹⁹ Genie bewahrt nicht vor Irrtum. Boltzmann lag mit seiner von A. Toeplers Sohn Max zitierten Charakterisierung des Dresdner Polytechnikums deutlich daneben. Aber vielleicht hat Max Toepler auch ganz einfach tendenziös und überzogen wiedergegeben. Aus im Archiv der TU Dresden verwahrten Briefen Boltzmanns an A. Toepler – zu deren Edition siehe [Adolph/Lienert/Ziesche 1987] – lässt sich auch eine andere Sicht herauslesen. Jedenfalls gratulierte Boltzmann am 12. Mai 1876 „zu diesem so auszeichnenden Ruf, da ja, wie ich höre, der König von Sachsen²⁰ dieses Polytechnikum zu einem der vorzüglichsten der Welt zu gestalten beabsichtigt“. Auch Max Toeplers Einschätzung, dass in jener Zeit das Ansehen der Polytechnika in Universitätskreisen sehr gering gewesen sei [Toepler, M. 1936], ist so nicht verallgemeinerungsfähig. Das möge die folgende gut dokumentierte Episode belegen (**Bild 4**).

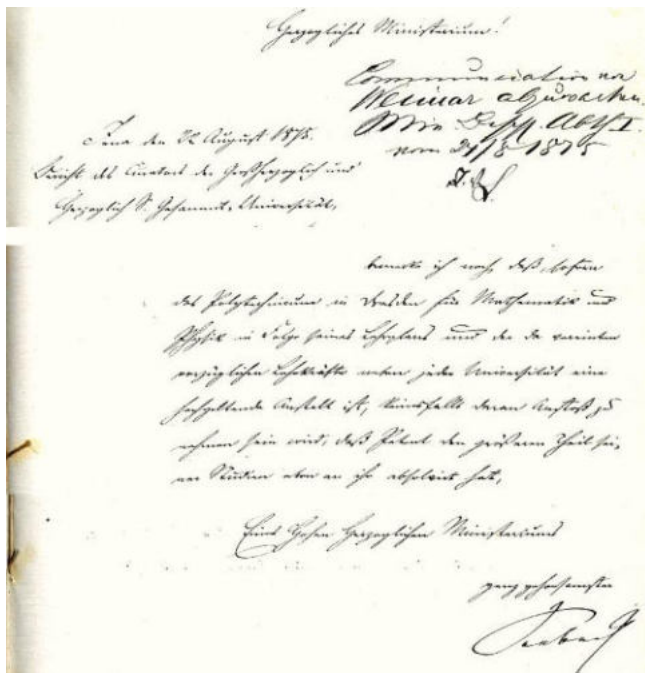


Bild 4:

Zudem ... bemerke ich noch, daß ... das Polytechnikum in Dresden für Mathematik und Physik in Folge seines Lehrplans und der da vereinten vorzüglichen Lehrkräfte neben jeder Universität eine hochgeltende Anstalt ist, keinesfalls daran Anstoß zu nehmen sein wird, daß [der] Petent den größeren Theil seiner Studien eben an ihr absolviert hat.

Eines Hohen Herzoglichen Ministeriums ganz gehorsamster Seebeck

Seebeck, Kurator der Universität Jena im August 1875. (Hervorhebung v. Autor) /Thüringisches Staatsarchiv Altenburg, Gesamtministerium, 1412, unpaginiert, Bericht des Curators vom 22. August 1875 (Auszug)./

Was bewog den von den Ernestinischen Sachsen-Herzögen Thüringens bestellten Kurator einer konkurrierenden Universität, *Moritz Seebeck*, anerkannter Erzieher und Wissenschaftsorganisator am Hofe von Herzog *Georg II.* in Meiningen, zu dieser Einschätzung (**Bild 4**)? Versuchen wir eine Erklärung:

Im November 1874 wurde der junge Schlesier Paul Victor *Langer*, geboren 1851 in Oppeln, nach zweisemestrigen mathematischen und physikalischen Studien an der Universität Leipzig zum Wintersemester 1874/75 in Jena immatrikuliert. Noch im gleichen Semester reichte er seine Doktor-Dissertation [Langer 1875 (a)] ein – die mathematisch anspruchsvolle

¹⁹ Nach dem von A. Toeplers Sohn Maximilian verbreiteten Lebenslauf [Toepler, M. 1936]. Auf diesen bezog sich wohl Hans-Georg Schöpf in seiner Festrede [Schöpf 1987], in der er Toepler in sein Umfeld und in seine Zeit stellte und dabei diese Bemerkung Boltzmanns erwähnte.

²⁰ Das war zu jener Zeit König Albert (1828 reg. 1873-1902).

Behandlung der Wärmeausbreitung in thermisch periodisch beanspruchten Körpern. Der Promotion folgte schon im Juli 1875 – vom wichtigsten seiner Lehrer, Ernst Abbé, und von der Fakultät unterstützt – das Ersuchen um Habilitation und Ernennung zum Privatdozenten. Er hatte die Ansätze seiner Doktordissertation auf komplizierte Körper ausgeweitet und war so an die Grenze des mathematisch geschlossen Darstellbaren gegangen [Langer 1975 (b)]. Aber die Kanzlisten der Ernestinischen Herzöge, der Unterhalter der Jenaer Universität, rieben sich wohl an dem Umstand, dass Langer seine universelle, um nicht zu sagen seine universitäre Ausbildung „nur“ am Königlichen Polytechnikum Dresden erfahren hatte. Diesem Vorurteil widersprach Seebeck vehement (Bild 4) und letztlich erfolgreich.²¹ Moritz Seebecks Wissen um und sein Einsatz für das Dresdner Polytechnikum ist wohl auch aus dem Umstand zu erklären, dass sein knapp ein Jahr jüngerer Bruder August Seebeck von 1842 bis 1849 der Technischen Bildungsanstalt Dresden, dem Vorläufer des Polytechnikums, bis zu dessen Tod als Direktor vorstand.²²

3.2 Graz ↔ Dresden: Flieh- und Beharrungskräfte

Als Toepler nach Dresden berufen wurde (Bild 5), hatte er die wesentlichsten seiner

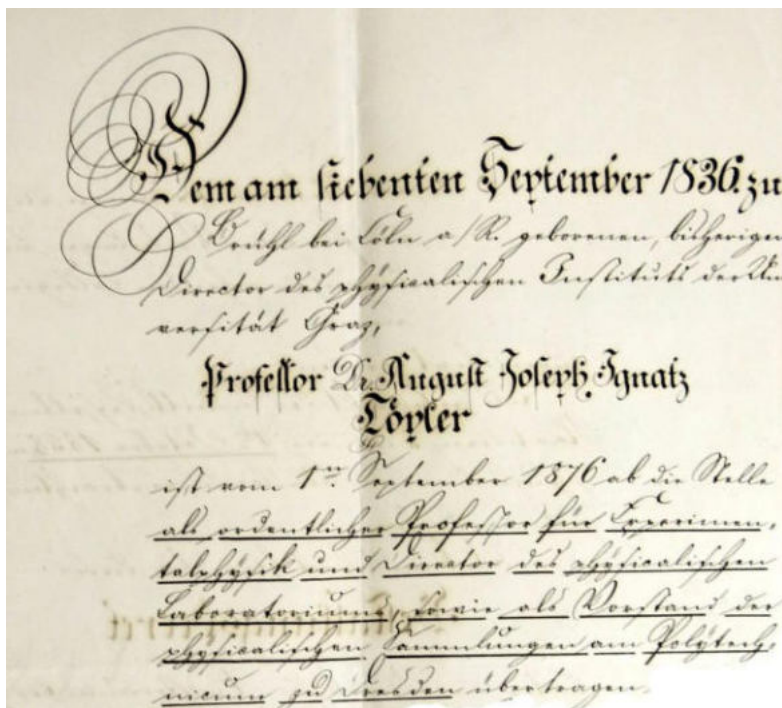


Bild 5:
Kopf der Bestellungsurkunde Toeplers zum Professor für Experimentalphysik und zum Direktor des physikalischen Laboratoriums sowie als Vorstand der physikalischen Sammlungen am Polytechnicum zu Dresden.

/Nach TUDA, nlaumtoepler (1), Nr. 16./

wissenschaftlichen Leistungen schon erbracht: Die Konstruktion einer hoch effektiven Vakuumpumpe, die Erfindung einer Influenzmaschine und die Begründung der Schlierenmethode; genau genommen alle schon während seiner Zeit in Poppelsdorf, also abseits höherer akademischer Einbindungen. Alle diese Wissenschaftsgebiete blieben lange Jahre bedeutsam und erfuhren wesentliche Weiterentwicklungen, auch durch Toepler selbst. Zudem hatte er sich hohe Anerkennung als Projektant und Realisierer des Physikalischen Instituts der Universität Graz erworben. Toepler hätte allen Grund gehabt, sich in Graz zur

²¹ Zum Werdegang Langers und zu dessen wissenschaftlichem und erzieherischem Wirken siehe [Dörfel 2011].

²² Hierzu siehe [Mauersberger 2011].

Ruhe zu setzen. Zumal er durch einen tragischen Unfall – er stürzte am Heiligen Abend 1875 in den Fahrstuhlschacht seines Institutes und erlitt erhebliche Verletzungen – stark beeinträchtigt war. Aber vielleicht war es dieser Unfall, der Toepler zeigte, wie wichtig die materielle Absicherung der Familie war. Die Pensionen für Professorenwitwen waren in Sachsen deutlich großzügiger geregelt als in Österreich. Als sich das zuständige Wiener Ministerium schließlich umorientierte, war Toeplers Entscheid für Dresden wohl schon gefallen. So jedenfalls sah das Wilhelm Hallwachs [Hallwachs 1912].

Wenn wir über Toeplers Wechsel nach Dresden nachdenken, dann kommen wir um eine in Dresden hochgeachtete Persönlichkeit nicht herum: Gustav Anton **Zeuner**. Der in Chemnitz geborene und in Freiberg ausgebildete Forscher hatte sich am Eidgenössischen Polytechnikum Zürich – dem Vorläufer der heutigen *Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich* – einen Namen gemacht. Als sein Kollege Rudolf Julius *Clausius* (1822-1888), bekannt als einer der Väter der Thermodynamik, 1867 von Zürich über Würzburg nach Bonn wechselte (1869), machte er sich für August Toepler als Nachfolger stark. Aber das Polytechnikum gab August *Kundt* (1839-1894) den Vorrang. Das war keineswegs eine Fehlentscheidung.²³ Als Zeuner – zunächst 1871 nach Freiberg berufen – 1873 auch das Direktorat des Dresdner Polytechnikums übernahm, wirkte er auf die Berufung Toeplers nach Dresden hin. Die starken Anziehungskräfte von Dresden sind offensichtlich, die schwachen Haltekräfte in Graz dagegen nicht. Möglicherweise hatte die Aussicht, die in Graz unter Beweis gestellten wissenschaftsorganisatorischen Fähigkeiten und Erfolge noch einmal einzubringen, den Entscheid für Dresden bestimmt. Maximilian Toepler stellt ein persönliches Missbehagen seines Vaters heraus, welches zumindest indirekt mit den Lebensumständen im Vielvölkerstaat in Verbindung gebracht wird [Toepler, M. 1936]. So stark, dass A. Toepler Einkommenseinbußen hingenommen habe, die erst spät, um 1895, durch Zulagen ausgeglichen worden seien. Die ministeriellen Regelungen belegen die am Ende doch auch in finanzieller Hinsicht recht erfolgreiche Karriere A. Toeplers in Sachsen.²⁴ Schlecht hat es also um Toeplers Einkommen nicht gestanden. Jedenfalls sah sich Toepler von Gustav Zeuner gedrängt, im Interesse des Polytechnikums von Honorarforderungen für gutachterliche Tätigkeiten im öffentlichen Raum abzusehen.²⁵ Das ist zumindest ein Indiz dafür, dass die Bezahlung der Ordinarien in der Öffentlichkeit und am Polytechnikum selbst als großzügig wahrgenommen wurde.

²³ Unter Kundt wurde W. C. Röntgen, der 1868 ein Ingenieur-Diplom am Polytechnikum Zürich erworben hatte, 1869 an der Universität Zürich promoviert. 1870 folgte Röntgen seinem Doktorvater als Assistent nach Würzburg. Studien in Straßburg, Hohenheim und Gießen führten Röntgen 1888 nach Würzburg zurück, wo er 1895 seine „neue Art von Strahlen“ fand.

²⁴ Mit Toeplers Berufung 1876 wurde ein Jahresgehalt von 7500 Mark und eine nicht pensionsberechtigte Professorenzulage von 600 Mark vereinbart. Außerdem stand ihm als Nebeneinkommen die Hälfte der aus Vorlesungen und Übungen erlangten Collegienhonorare [gemeint sind wohl die Gebühren] zu. Am 1. Juli 1884 wurde das pensionsberechtigte Gehalt auf 11.100 Mark erhöht; die 600-Markzulage von 1876 entfiel. 1894 wurde auch eine Anrechnung der Honorare auf die Pension zugestanden. Am 1. April 1897 wurde ein Gehalt von 12.600 Mark gewährt. Nach TUDA, *nlaumtoepler* (1), Nr. 16: „Bestellungsdekret an das Polytechnikum Dresden“. Mit dem Ausscheiden aus dem Dienst wurde eine Pension in Höhe von 11.179 Mark festgelegt. Bei deren Berechnung wurden 42 (!) Dienstjahre berücksichtigt. Das ist bemerkenswert und weist wohl auf einen ausgeklügelten Lastenausgleich zwischen den deutschen Ländern und Österreich hin! Nach TUDA, *nlaumtoepler* (1), Nr. 66 „Notizen von A. Toepler über seine Tätigkeit zwecks Verhandlungen über Pensionszahlungen“.

²⁵ Nach TUDA, *nlaumtoepler* (1), Nr. 66.

4 Toeplers Vakuumpumpe

Noch während seiner Poppelsdorfer Zeit machte Toepler seine Vakuumpumpe bekannt [Toepler 1862]. Sie war ein Gegenentwurf zur Vakuumpumpe des im benachbarten Bonn tätigen, in den Universitätsstädten Europas und Nordamerikas bekannten Instrumentenbauers Heinrich Geißler und so auch dargestellt. Folgerichtig erübrigten sich für Toepler Erklärungen zur Motivation und Anwendung.

4.1 Die Vorgeschichte

Im Frühjahr 1857 bat Heinrich Geißler den Assistenten am Physikalischen Cabinet der Bonner Universität, W. H. Theodor **Meyer**, eine von ihm gefertigte schlanke Gasentladungsröhre – etwa 40 cm lang und späteren Leuchtröhren nicht unähnlich – auf das Phänomen der Schichtung zu untersuchen (**Bild 6**) [Meyer 1858]. Bis dahin hatte eine Gasentladungsröhre eher eine bullige Gestalt und wurde auch als „elektrisches Ei“ bezeichnet.

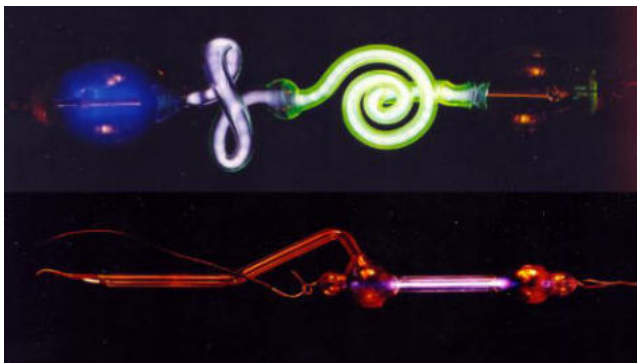


Bild 6:

Die „Schichtung“ der „positiven Säule“ wird hier durch die „Perlenbildung“ in einer dekorativen Geißler-Röhre (oben, um 1935 bei R. Preßler, Cursdorf / Thür. Wald gefertigt) veranschaulicht. Die Geißler-Plücker-Spektralröhre (unten, um 1865 in Geißlers Werkstatt gefertigt) zeigt dieses Phänomen merkwürdigerweise kaum. Beide Röhren wurden originalgetreu mit einem Funkeninduktor angeregt. /Einrichtung und Foto vom Autor/

Die „Schichtung“ der „positiven Säule“ der Gasentladungsstrecke war in der Frühzeit der Gasentladungsforschung ein häufig beobachtetes und viel diskutiertes Phänomen. Interpretationen durch die Dresdner Schule der Gasentladungsforschung sind zusammengestellt in [Güntherschulze/Meinhardt 1938]. Später, als mit den Gefäßen der technischen Gasentladungselektronik die positive Säule weitgehend unterdrückt wurde, verschoben sich die Interessen. Heute wird die Schichtung als ein Phänomen der Selbstorganisation interpretiert [Purwins /Amiranashvili 2007].

Der Ordinarius Julius **Plücker**, mit Geißler gut bekannt durch gemeinsame wissenschaftliche Arbeiten zur Thermometrie und Dampfdruckmessung, hatte sich zunächst nicht interessiert an Geißlers Initiative gezeigt. So kam der Assistent ins Spiel. Plücker erkannte aber sehr schnell das Potential systematischer Gasentladungsforschung als ein neues Forschungsfeld. Die Spektralanalyse elektrisch angeregter Gase war eröffnet. Geißler stellte neben den Röhren auch das Instrumentarium bereit (**Bild 7**), geeignet für die Evakuierung und dosierte Befüllung der evakuierten Röhren mit Spuren unterschiedlichster Gase: eine hydrostatische, nach dem Barometerprinzip arbeitende Vakuumpumpe.²⁶ Durch Heben und Senken des Reservoirs *L* steigt das Quecksilber im Steigrohr *A* und dem nicht benannten aufgeblasenen „Zylinder“ wie ein gedichteter Kolben auf und ab. Der Dreiwege-Hahn *h* verbindet den Zylinder bei jedem Pumpzug wechselweise mit dem Rezipienten *R* und der Außenluft. Die Kugel *R'* enthält das

²⁶ Zur Rolle Geißlers siehe [Dörfel 2014].

Füllgas, welches in Quanten gleich dem Rohrvolumen zwischen den Hähnen 1 und 2 dem (evakuierten) Rezipienten *R* zugegeben werden kann. Um den Rezipienten bis zum Dampfdruck des Quecksilbers evakuieren zu können, muss die realisierbare Steighöhe des Quecksilbers im Steigrohr und Zylinder größer als eine Barometerhöhe sein, also einen knappen Meter.

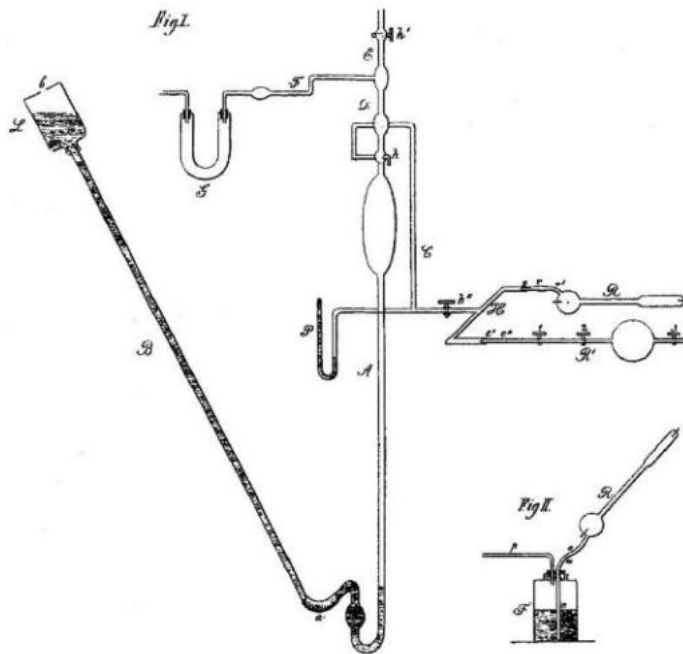


Bild 7:
Die Abbildung zeigt die früheste (bekannte, auf 1857 datierte) Form der Geißlerschen Pumpe nach [Meyer 1858].

Man beachte, dass die vom Assistenten Meyer gezeichnete Quecksilberbefüllung die Pumpe sinnwidrig zur Erzeugung von Überdruck, jedenfalls nicht zur Evakuierung des Rezipienten befähigen würde. Was wohl besagt, dass die Pumpe in der Frühzeit der systematischen Gasentladungsforschung nicht im Physikalischen Cabinet der Universität Bonn, sondern in der Werkstatt Geißlers betrieben wurde.

4.2 Toeplers Pumpe

Auf diese Steighöhe in Barometerhöhe bezieht sich Toepler, wenn er sagt, dass es ihm gelungen sei, „durch Combination dreier Barometer ... ohne Hülfe von Hähnen und Ventilen einen Apparat herzustellen, welcher allen Anforderungen an eine gute Luftpumpe entspricht“ [Toepler 1862] (Bild 8).

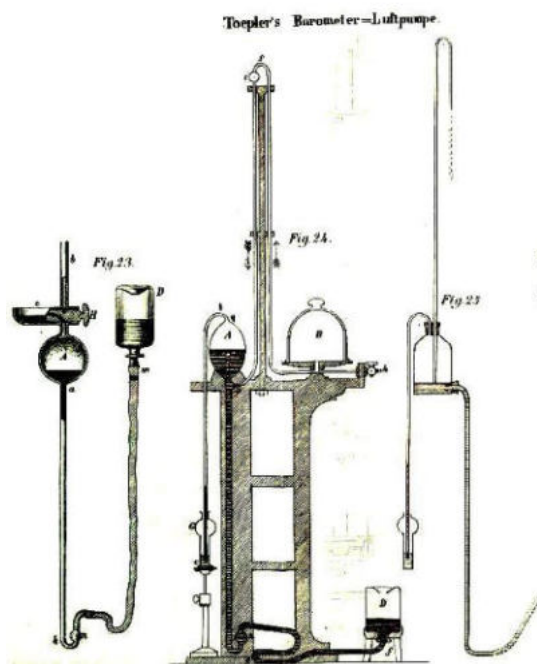


Bild 8:

Mit Fig. 23 bezieht sich Toepler auf Geißlers Pumpe in vereinfachter Form.

Fig. 24 zeigt Toeplers Pumpe in ihrer ursprünglichen Gestalt.

Fig. 25 veranschaulicht seine Vorschläge zum vereinfachten Aufbau einer weniger anspruchsvollen Toepler-Pumpe, wie sie auch Nicht-Glastechnikern gelingen sollte. Nach [Toepler 1862].

Bei der Beschreibung seiner Pumpe knüpft Toepler unmittelbar an die Geißlersche Pumpe an und skizziert diese mit Fig. 23 (**Bild 8**) stark vereinfacht. Hähne und Ventile vermeidet die Toeplersche Pumpe nach Fig. 24, indem beim Auspressen der Luft im „Zylinder“ A in Richtung q, b, G, c durch steigendes Quecksilber der Rezipient B an der Stelle a am Fuße des Zylinders A abgetrennt wird. Umgekehrt trennt die Quecksilbersäule in b, G, c Zylinder A und Rezipient B von der Außenluft – vorausgesetzt, diese Strecke ist höher als die Barometerhöhe. Auch das Steigrohr zwischen Abzweig bei a und Scheitel c muss diesem Kriterium genügen. Daher die Toeplersche Reduzierung der Beschreibung auf die „*Kombination von drei Barometern*“.

4.3 Unter- und Überschätzung, Weiterentwicklung

Toepler hätte seine Pumpe gerne in den tonangebenden *Annalen der Physik und Chemie* vorgestellt. Das gelang nicht. Der Herausgeber, Johann Christian **Poggendorff**, habe die Funktionsfähigkeit der Pumpe bezweifelt [Schöpf 1987]. Der Konflikt war wohl sehr viel verletzender. „*Poggendorff lässt meine Anfrage unbeantwortet*“. Das notierte Toepler später in einem sehr persönlichen 10-Punkte-Rückblick zum Thema Luftpumpe.²⁷ Wie dem auch sei. Toeplers Pumpe erlangte zumindest im Laborbereich große Bedeutung.

Andererseits ist die Meinung, Toeplers Pumpe habe in der Frühgeschichte der Glühlampen eine herausragende Rolle gespielt – [Hallwachs 1912], [Toepler, M. 1934], [Schöpf 1987] – anzuzweifeln. Edison realisierte seine US-amerikanischen Aktivitäten zur Durchsetzung der Glühlampen mit einer Kombination aus Geißler-Pumpe und Sprengel-Pumpe.²⁸ Siemens bediente sich bei der Einführung der Glühlampen in Deutschland einer Pumpe von August Raps.²⁹ Dieser war, nicht zuletzt wegen seiner Pumpe, in leitende Stellung bei Siemens/Osram gelangt.

Toepler notierte in seinem Rückblick: „*Schmerzlicher war mir das sozusagen hartnäckige Uebersehen des gewiss nicht ... verzichtbaren Hilfsmittels in der Technik.*“ (Unterstreichungen nach Toepler.) Aber Toepler grantelte auch mit der wissenschaftlichen Community. „*Nun kommt noch Warburg mit seiner Bemerkung, daß McLeod³⁰ erst meine Pumpe hoffähig gemacht habe.*“ Toepler resümierte sarkastisch: „*Als ich meinem unersetzlichen Freunde Kirchhoff die obigen trübseligen Erfahrungen klagte, sagte er mir scherzend: Warum machen Sie auch Erfindungen, welche ... 20 Jahre vorausseilen? Und er hatte recht, wer fragte früher nach den höchst-erreichbaren Verdünnungsgraden und nach der Sichtbarmachung von Schallwellen.*“

²⁷ Nach TUDA, nlaumtoepler (1), 105 „Notizen und Skizzen zur Geschichte der Influenz“.

²⁸ Zentrale Person bei der vakuumtechnischen Umsetzung von Edisons Erwartungen war der in Lauscha/Thüringer Wald geborene und von Geißler ausgebildete Glastechniker Ludwig Karl Böhm (1859-?). Hierzu siehe [Dörfel 2011].

²⁹ Die hier thematisierten unterschiedlichen Wertungen der Rolle von Toeplers Pumpe in der frühen Glühlampenfertigung mögen auch daher rühren, dass man, wenn weit ausgeholt wird, die Rapsche Pumpe als eine Toepler-Pumpe mit automatisierter Quecksilbersteuerung interpretieren kann. Toepler selbst hat sich, wie aus dem nachfolgenden Zitat hervorgeht, dieser Verallgemeinerung nicht angeschlossen

³⁰ Herbert *McLeod*, ein englischer Chemiker, gilt als der Erfinder des Kompressionsmanometers (1874). Damit war die früheste technische Möglichkeit gegeben, die von Geißler, Toepler, Bessel-Hagen erschlossenen Vacua (um 10^{-3} mm Quecksilbersäule) unmittelbar zu messen. Einzelheiten zur Entstehungsgeschichte und Einführung des Manometers konnten nicht ermittelt werden.

Das von Toepler erdachte elegante Umgehen von Hähnen, die bei Geißlers Pumpen mit jedem Pumpzug betätigt werden mussten, war äußerst attraktiv. Aber es musste durch eine sehr sorgfältige Handhabung der Pumpe erkaufte werden. Fehlbedienung (z.B. Belüftung des Rezipienten) konnte bewirken, dass „das etwa über *a* befindliche Quecksilber mit solcher Heftigkeit in den leeren Raum *A* schleudert, daß die Kugel leicht Gefahr läuft, zertrümmert zu werden. ... Auch die in *A* aufsteigenden Blasen bringen häufig Stöße hervor“ [Toepler 1862].

Das ist durch die fehlende Luftdämpfung in evakuierten Gefäßen bedingt. Obwohl nicht immer gefährlich, wurde das aber so empfunden. Bei zu heftigem Druckaufbau neigt auch das Quecksilber im Steigrohr *a-c* zum Überschießen in den Rezipienten (**Bild 8**). (Die Aufblasung bei *i* soll diese Gefahr mindern.) Förderlich war auch sicher nicht die prinzipbedingte Bauhöhe der Pumpe. Zwei Barometerhöhen und technische Zugaben führten auf etwa zwei Meter.

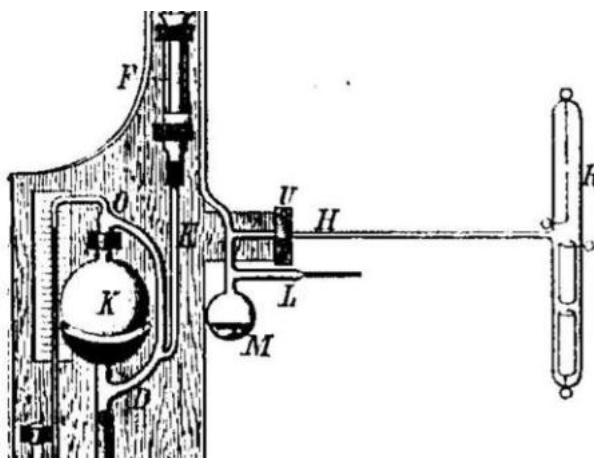


Bild 9:

Ausschnitt aus Bessel-Hagens Zeichnung der verbesserten Toepler-Pumpe [Bessel-Hagen 1881].

Der Nebenschluss *D-O* eröffnet bei Belüftung des Rezipienten *R* dem aufschießenden Quecksilber einen Rückweg in das Pumpgefäß *K*.

Eine Weiterentwicklung erfuhr Toeplers Pumpe durch Ernst **Bessel-Hagen** (**Bild 9**) [Bessel-Hagen 1881]. Dieser reduzierte die von Toepler angemerkte Zerstörungsgefahr durch einen Nebenschluss zum Pumpgefäß *K* (bei Toepler *A* genannt), und er brachte ein Trockenmitteldepot *M* ein, um eingedrungenen Wasserdampf zu binden. Er minderte die Gefahr des Überschießens von Quecksilber im oben gelegenen Steigrohr. Eine Skala erlaubte ihm, das mit jedem Pumpzug erreichte Vakuum zu berechnen.

Toepler erkannte Bessel-Hagens Leistungen um die Untersuchung und Verbesserung der Pumpe an und meinte in seinem Rückblick, dass er keine Einwendungen gegen die Bezeichnung *Pumpe nach Toepler-Hagen* habe. Das ist insofern hervorzuheben, als viele spätere Beschreibungen der Toeplerschen Pumpe (oft unbenannt) die von Bessel-Hagen angebrachten Verbesserungen aufweisen.

4.4 Eine technologische Nebenbühne

Die mit den hydrostatischen Pumpen erreichten frühen Erfolge verdecken die Schwierigkeiten, mit denen deren Entwerfer und Realisierer zu kämpfen hatten. Als Geißler das erste Modell seiner Vakuumpumpe realisierte, standen ihm noch keine geeigneten Schläuche zur Verfügung. Er bewirkte das Heben und Senken des Quecksilberreservoirs durch Kippen, ermöglicht durch das Kautschukgelenk *a'* (**Bild 7**). Wenige Jahre später konnte Toepler

Schläuche erwerben, aber keine wirklich brauchbaren. „Der Kautschukschlauch n, f ist vor dem Gebrauch von leinenem Bande und hierauf mit starkem Bindfaden zu umwinden“ [Toepler 1862]. Bessel-Hagen konnte um 1880 auf „dickwandigen, mit Hanfeinlage versehenen schwarzen Kautschukschlauch“ zurückgreifen, der sich auch „nach jahrelangem Gebrauche“ als funktionsfähig erwies [Bessel-Hagen 1881].

5 Toeplers Schlierenmethode

5.1 Die Herausforderung

Bereits im Jahre 1859 habe er sich „mit einem Problem von mehr technischer als wissenschaftlicher Bedeutung, ... mit einer einfachen [!] Methode Schlieren zu erkennen“, befasst. So schrieb Toepler in seiner ersten Veröffentlichung zum Thema [Toepler 1864]. Es ging um die Bestimmung optischer Unregelmäßigkeiten in/an optischen Linsen und Spiegeln und – hier wird Toeplers weite Sicht deutlich – in deren Umgebung.

Den der Methode innewohnenden wissenschaftlichen Gehalt, dem Toepler später noch mehrere anspruchsvolle Schriften widmete, mag Toepler mit seinem hohen Wissenschaftsanspruch bewusst herabgespielt haben, um dann mit dem Inhalt kontrapunktisch hervortreten. Aber die Probleme lagen an ganz anderer Stelle. Er hatte die Schwierigkeit, als junger und wenig bekannter Akademiker bei den Herausgebern der gängigen Publikationsorgane Interesse zu finden, definitiv unterschätzt. Er musste zunächst auf eigene Rechnung publizieren.

5.2 Das Grundprinzip

Wir beschreiben das Prinzip anhand Toeplers erster Zeichnung zum Schlierenapparat (Bild 10):

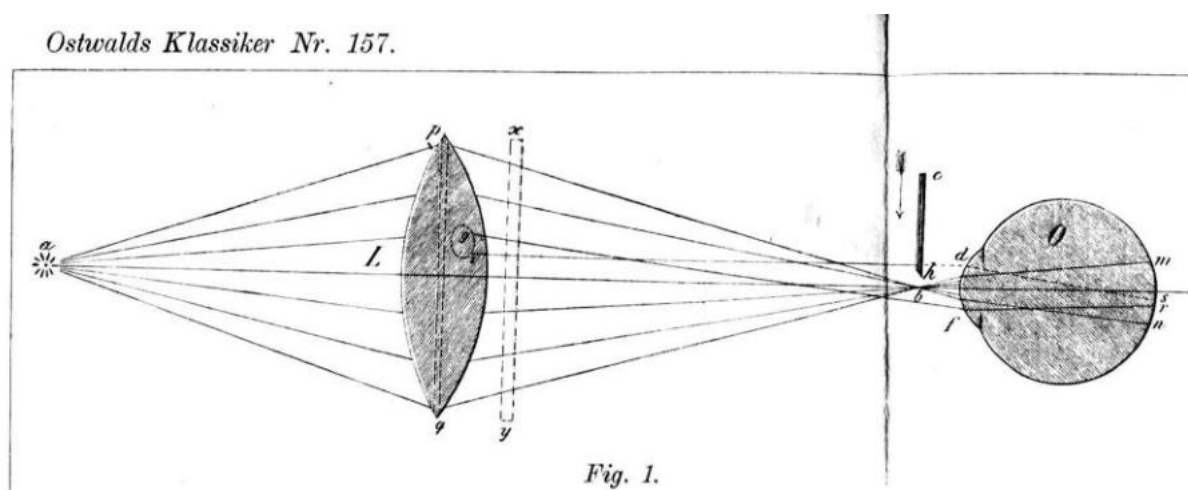


Bild 10: Das Grundprinzip der Schlierenmethode nach [Toepler 1864].

Aus technischen Gründen ist diese Abbildung (wie auch die beiden nachfolgenden) dem Nachdruck in Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften Nr. 157 (Leipzig 1906) entnommen.

Die Linse L erzeugt in b ein reelles Bild der punktförmigen Lichtquelle a . Ein in den Strahlengang gebrachtes und auf die Linse L adaptiertes Auge O sieht die Linse als beleuchtete

Scheibe; die Linsenpunkte $p-q$ werden auf der Netzhaut bei $m-n$ abgebildet. An dieser Wahrnehmung ändert sich auch nichts, wenn eine lokale Unregelmäßigkeit („Schliere“) $g-i$ auf der Linse L das Licht „unregelmäßig“ bricht. Wird die Blende $c-h$ mit ihrer scharfen Kante h auf der Höhe von b nahe an die optische Achse gebracht, so werden Teile der unregelmäßig gebrochenen Strahlen (hier $i-d$) ausgeblendet. Wenn es die Licht- und Größenverhältnisse zulassen, nimmt dann das Auge die lokale Unregelmäßigkeit („Schliere“) $g-i$ der Linse als dunkle Störung $r-s$ auf hellem Grund wahr. Wird die scharfe Kante der Blende $c-h$ weiter bis zur optischen Achse in b in den Strahlengang geschoben, verdunkelt sich das Abbild der Linse auf der Netzhaut abrupt; alle in b konzentrierten „regelmäßig“ gebrochenen Strahlen sind unterbrochen. Da die Blende $c-h$ nicht alle von der Schliere zur Netzhaut hingehenden unregelmäßig gebrochenen Strahlen abschneiden kann (siehe den Strahlengang $g-f$), tritt die Schliere $g-i$ nunmehr als helles Abbild $r-s$ auf dunklem Grund sehr deutlich hervor. Das wird von Toepler als „empfindlichste Stellung“ bezeichnet. Und zwar deshalb, weil der inverse Fall, dunkle Schliere auf hellem Grund, wegen der dadurch reduzierten Empfindlichkeit der Retina die Empfindlichkeit des Verfahrens einschränkt.

Da das Ausschöpfen der Empfindlichkeit der skizzierten Methode (**Bild 10**) an physiologische Grenzen stößt – wünschenswerte Lage des Auges, die Öffnung der Pupille, die Lage der Abbildung der Lichtquelle –, stattete Toepler schon seinen ersten Schlierenapparat mit einem „Fernrohr“ F aus (**Bild 11**).

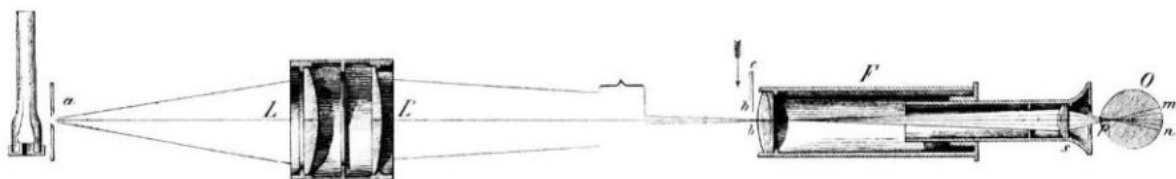


Fig. 3.

Bild 11: Die technische Realisierung des Grundprinzips nach **Bild 10**.

*Die Benutzung des „Fernrohres“ F überbrückt die physiologischen Gegebenheiten, die einer optimalen Realisierung des Grundprinzips nach **Bild 10** im Wege stehen.*

Grundlegend für alle Erweiterungen, die das beschriebene Prinzip durch A. Toepler und andere Forscher erfuhr, ist Toeplers Einsicht, dass das auf L adaptierte Auge auch alle Inhomogenitäten *dicht bei der Linse* wahrnimmt, in **Bild 10** gekennzeichnet durch den Bereich $x-y$.

Damit war auch die Voraussetzung zur Sichtbarmachung von Dichteschwankungen der Luft, also von Schall, gegeben, womit sich Toepler bereits in seiner ersten Arbeit zum Thema Schlierenmethode beschäftigte. Ihm war klar, wenn man in einem kleinen Volumenelement in kurzer Zeit merkliche Druckunterschiede erzeugen will, müsse dieses Volumenelement einer steilen Wellenfront ausgesetzt werden. Seine Schallquelle war der Knall einer Funkenentladung.

Bild 12 zeigt eine Einrichtung, die verschiedene Modi zu realisieren gestattet: Zum einen werden die akustischen Folgen einer Funkenentladung des Induktors bei $f-g$ durch eine momentane Funkenentladung bei $a-b$ beleuchtet. Zum anderen soll die Funkenentladung einer Leydener Flasche momentan beleuchtet werden. In beiden Fällen ist sicherzustellen, dass die Entladungsstrecke $f-g$ früher zündet als die Beleuchtungsstrecke $a-b$. Weiter sollten

die Gleichzeitigkeit von Entladung und Beleuchtung sowie die Dauerbeleuchtung momentaner Funkenentladungen möglich sein.³¹

5.3 Die weitere Entwicklung

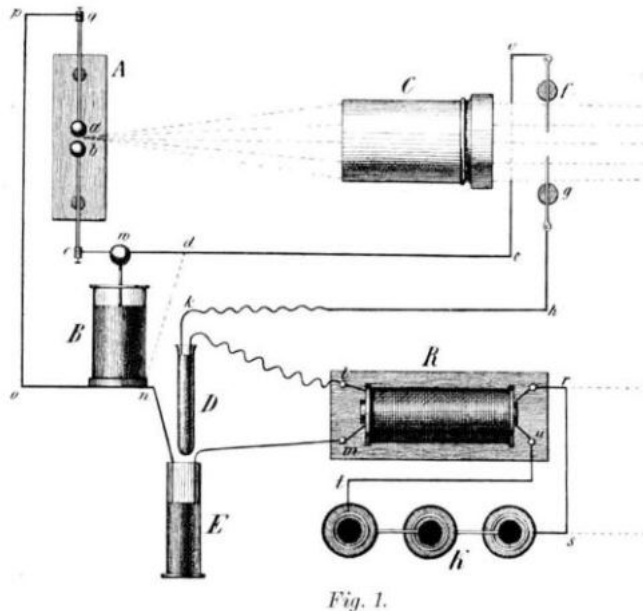


Bild 12:

R ist ein Funkeninduktor, der von den Elementen K gespeist wird. Der Unterbrecher ist unterdrückt. Der Knallfunken wird bei f-g, der Beleuchtungsfunken bei (a-b)/A gezündet. Die Gefäße D und E sind mit Quecksilber gefüllt. Sie realisieren, wenn D mehr oder weniger in E eingetaucht wird, eine veränderliche kapazitive Beschaltung der hochohmigen, hochinduktiven und hochgespannten Sekundärwicklung. Dadurch sind die unterschiedlichen Zündmodi von Schall- und Beleuchtungsfunken einstellbar. Bezüglich der Komplexität der Entladung eines Induktors sei auf FN 31 verwiesen. /Quellen wie Bild 10./

Toeplers Methode erregte Aufsehen. Poggendorff, damaliger Herausgeber der *Annalen der Physik und Chemie*, eröffnete Toepler nunmehr den Zugang zu Deutschlands wichtigstem naturwissenschaftlichen Journal. In seiner ersten Publikation zur Anwendung seiner Methode in den *Annalen* [Toepler 1866 (b)] – es ging um die Untersuchung „singender Flammen“ – verwies Toepler auf eine Bemerkung Robert Kirchhoffs, damals Physikprofessor in Heidelberg. Dieser hatte ihn auf eine 1858 erschienene Arbeit von Léon *Foucault*, dem Namensgeber des berühmten Pendels, aufmerksam gemacht. Toepler erkannte an, dass Foucault das Grundprinzip der „Schlierenmethode“ vorweggenommen hatte. Er konnte aber darauf hinweisen, dass die von ihm eingeführte Betrachtung der *Umgebung* der Linse, also auch der Luft und damit des Schalls, die mit Einführung eines „Fernrohres“ gesteigerte und stabilisierte Empfindlichkeit des Apparates und insbesondere die Ausdehnung des Verfahrens auf *dynamische Vorgänge nicht* Gegenstand der Foucaultschen Arbeit waren.³²

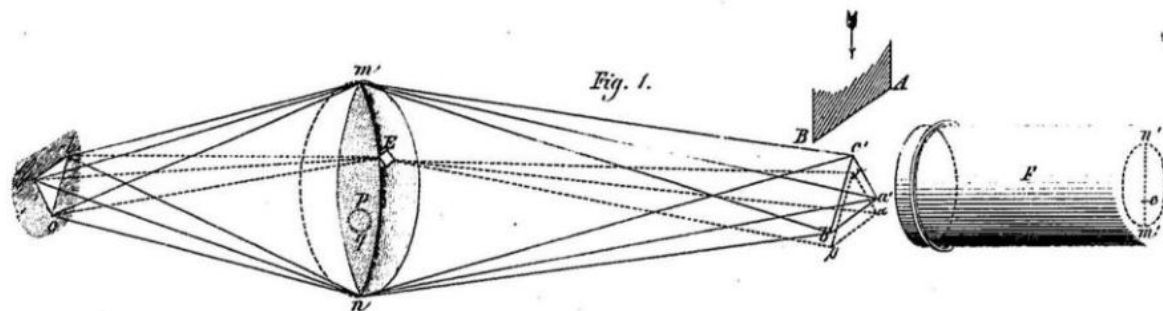
Schon in seiner ersten Arbeit verwies Toepler auf einen der mit **Bild 10** dargestellten Methode innewohnenden Widerspruch. Eine Lichtquelle *a* ohne flächenhafte Ausdehnung soll, so lange

³¹ Die Entladung des (Funken-)Induktors schließt eine durch innere Wicklungskapazitäten, äußere kapazitive Beschaltung von Primär- und Sekundärwicklung und den Widerstand der Hochspannungswicklung gekennzeichnete Hochfrequenzentladung mehrerer stark gekoppelter Schwingkreise mit längerer Abklingzeit ein. Dem gegenüber ist die Entladung der Leydener Flasche, eines hoch aufgeladenen Kondensators kleiner Kapazität, ein sehr kurzer Vorgang.

³² In *Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften*, Bde. 157 u. 158, Verlag von Wilhelm Engelmann, Leipzig 1906, sind die Arbeiten [Toepler 1864] (Bd.157), [Toepler 1866 (a), 1867] (Bd. 158) nachgedruckt. Am Ende von Bd. 158 geht der Herausgeber, A. Witting, ausführlicher auf die Vorgeschichte, die Arbeit von Foucault und die von anderer Seite später daran geknüpften Prioritätsansprüche ein.

die Abbildung der Lichtquelle durch eine Blende $c-h$ noch nicht unterdrückt ist, beim Empfänger des Abbildes der Schliere eine sehr helle großflächige Ausleuchtung der möglichst weit geöffneten Linse L hervorrufen.

Toepler hatte diesen Widerspruch durch die Benutzung des Fernrohrs zunächst abgeschwächt. Er behob ihn schließlich durch Einführen einer flächenhaft ausgedehnten Lichtquelle mit mindestens einer geradlinigen Kante [Toepler 1867], im Beispiel nach **Bild 13** einer dreieckförmigen. Spätere Autoren gehen von rechteckförmigen leuchtenden Flächen aus.



*Bild 13: Veranschaulicht wird der Übergang von einer (quasi) punktförmiger Lichtquelle (**Bild 10** und **Bild 11**) zu einer flächenhaften mit mindestens einer scharfen geradlinigen Begrenzung. Die Abbildung ist der Originalquelle [Toepler 1867] entnommen.*

Ausschlaggebend für die Wirksamkeit dieser Konfiguration ist, dass die scharfe Kante der Blende genau ausgerichtet ist auf die korrespondierende geradlinige Begrenzung des Abbildes der leuchtenden Fläche – hier $B-A$ auf $b'-a'$. Um „unregelmäßige“ Brechungen nach jeder Richtung hin erfassen zu können, sind bei der apparativen Umsetzung die Leuchtfläche und dementsprechend auch die Blende in der Ebene senkrecht zur optischen Achse drehbar eingerichtet.

Bemerkenswerte Ausgestaltungen des Toeplerschen Verfahrens, genauer der von Toepler eröffneten dynamischen Möglichkeiten, gelangen Ernst *Mach*, dessen Sohn Ludwig *Mach* und A. Toeplers Sohn Max Toepler.³³ In **Bild 14** sind eine frühe Darstellung A. Toeplers und eine spätere fotografische Schallaufnahme Max Toeplers gegenübergestellt.³⁴

Die Toeplersche Schlierenmethode wurde fester Bestandteil der Ballistik [Cranz 1927]. Der Bericht [Schardin 1934] gilt als die tiefgründigste quantitative (theoretische) Auslotung der Empfindlichkeit der Schlierenmethode. Das daraus entnommene **Bild 15** veranschaulicht die damals wirkenden Intentionen und Erwartungen.

³³ Quellenachweise hierzu bei [Cranz 1927] und [Schardin 1934].

³⁴ Der Vollständigkeit halber sei hier auch auf eine von Boltzmann ausgedachte und von Toepler umgesetzte *stroboskopische* Methode der Schalluntersuchung verwiesen: [Toepler/Boltzmann 1870].

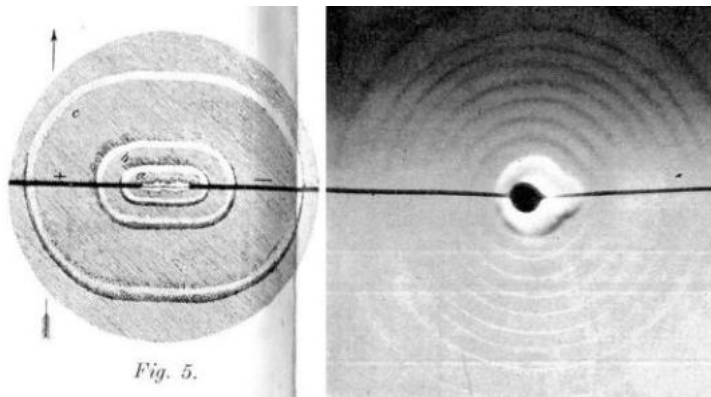


Bild 14:

Gegenübergestellt sind die ganz frühe Beobachtung der Folgen der Entladung einer Leydener Flasche – eines hochgespannten Kondensators mittlerer Kapazität (im einstelligen nF-Bereich) – durch August Toepler [Toepler 1864] (links) und die fotografische Aufnahme der Folgen einer Induktorentladung durch Max Toepler [Toepler, M. 1908].

Ernst Abbé nutzte die Methode – anknüpfend an [Toepler 1867] – zur Qualitätsprüfung von Linsen und Spiegeln durch Verwendung einer kreisförmigen Lichtquelle und einer kreisringförmigen Blende [Kohlrausch 1950]. Das war eine Verallgemeinerung der Toeplerschen Forderung, dass die Kontur der Blende und mindestens eine Kontur der Lichtquelle deckungsgleich sein sollen. Dynamische Aspekte standen dabei nicht zur Diskussion.

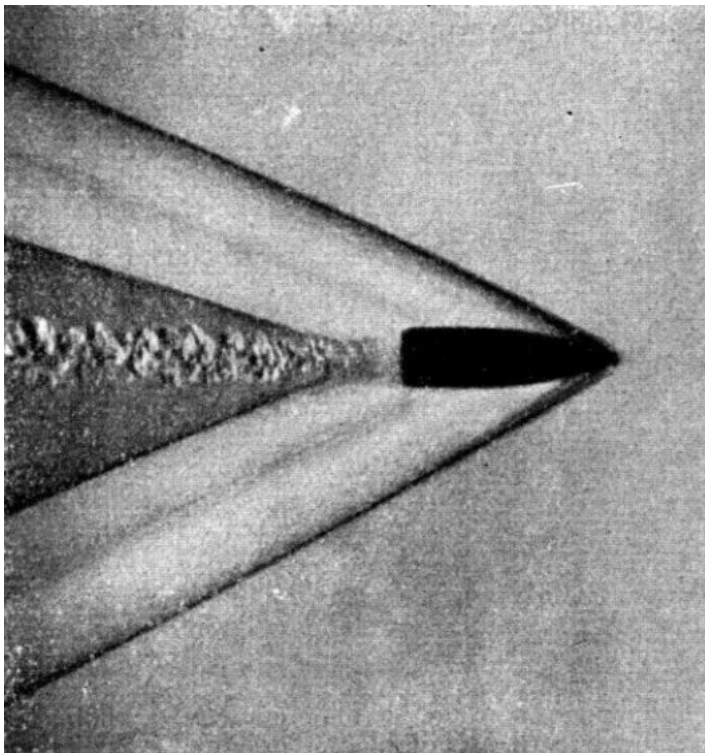


Bild 15:

Schlierenaufnahme eines mit 900 m/s fliegenden Stahl-Geschosses.

Die Abbildung spricht für sich. Der Machsche Kegel des fliegenden Geschosses ist mit Toeplers Methode fotografisch dokumentiert.

Die Aufnahme ist [Scharding 1934] entnommen.

6 Influenzmaschinen³⁵

6.1 Zur Geschichte der Influenzmaschinen

In der späten Mitte des 19. Jahrhunderts verdrängten neuartige Generatoren die auf Reibungselektrizität gegründeten Hochspannungserzeuger aus den physikalischen Kabinetten: die Influenzmaschinen. Die Erwartungen waren hoch. August Toepler, einer der Erfinder, meinte, dass damit „*vielleicht der unmittelbarste Weg angedeutet seyn dürfte, durch mechanische Arbeit elektrische Wirkung zu erzielen*“ [Toepler 1866].

Diese Erwartungen bestätigten sich nicht. Der „unmittelbarste Weg“ blieb den wenig später vorgestellten „dynamoelektrischen“ Generatoren des Werner (von) Siemens vorbehalten [Siemens 1867]. Trotzdem besaßen die Influenzmaschinen bis über die Jahrhundertwende und auch außerhalb der physikalischen Kabinette wirtschaftliche Bedeutung – in der jungen Beschleunigertechnik und insbesondere in der frühen Röntgentechnik.

Ihre Geschichte beginnt mit einer editorischen Merkwürdigkeit. Als Toepler seine Erfindung in den berühmten *Annalen der Physik und Chemie* vorstellte [Toepler 1865], fügte der Herausgeber, Johann Christian Poggendorff, eine Bemerkung an: Wilhelm **Holtz** aus Berlin würde demnächst in den *Annalen* über eine adäquate Maschine berichten, deren Prinzipien er, Poggendorff, schon im April 1865 der Königlich-Preußischen Akademie der Wissenschaften bekanntgemacht habe [Poggendorff 1865].

Toepler fühlte sich veranlasst, in seiner zweiten Arbeit zum Thema [Toepler 1866] darauf hinzuweisen, dass die Riga'sche Zeitung schon am 7. Januar 1865 über eine Reihe von Experimenten mit seiner Maschine berichtet habe, die er dem „hiesigen [Rigaer] naturforschenden Verein“ vorgestellt habe. Damit neutralisierten sich die Prioritätsansprüche weitgehend und beide, Toepler und Holtz, gelten zu recht als die Erfinder des neuen Maschinentyps.³⁶ Wir sehen hier deutlich die Nachwirkungen früherer Vorbehalte und Enttäuschungen – siehe die Publikationsgeschichten zu Toeplers Vakuum-Pumpe und zu seiner Schlierenmethode. 1865 war Toepler nicht mehr zu ignorieren. Trotzdem meinte er, Poggendorff sein Manuskript anlässlich einer Durchreise in Berlin persönlich in die Hand drücken zu müssen.

Später, Toepler lehrte da schon in Graz, hatten sich diese Vorbehalte aufgelöst. Im November 1871 schrieb ihm sein Freund Ludwig Boltzmann, als er von einem Besuch in Berlin berichtete, „*Weierstraß, Poggendorff und alle anderen lassen Sie grüßen*“ [Adolph/Lienert/Ziesche 1987]. Toepler war im Kreis der etablierten Physiker angekommen.

Toepler und Holtz nahmen außerordentlich oft Bezug auf die wechselseitig vorgestellten Konstruktionsprinzipien³⁷ und gingen dabei, bei allen Animositäten, fair miteinander um.

³⁵ Siehe hierzu auch [Dörfel / Wehreter 2021].

³⁶ Die Kaiserliche Akademie der Wissenschaften zu Wien hatte schon 1868 die Bedeutung und die Gleichwertigkeit der von beiden erbrachten Leistungen herausgestellt. Deren *Anzeiger (Mathematisch-Naturwissenschaftliche Classe)* VI (1869) Nr. XVI vermeldete: „Die Herren Prof. Dr. A. Toepler in Graz und Wilhelm Holtz danken mit Schreiben v. 12. und beziehungsweise 17. Juni l.[etzten] J.[ahres] für den ihnen zu gleichen Theilen zuerkannten Freih. v. Baumgartner'schen Preis.“

³⁷ Wir verweisen hier insbesondere auf [Holtz 1865], [Holtz 1866], [Holtz 1867] [Holtz/Poggendorff 1869], [Toepler 1879 (b)], [Toepler 1880 (a)] u. [Toepler 1882].

Letzteres spiegelt sich auch in den persönlichen Notizen Toeplers wider.³⁸ Die Ausführlichkeit – um nicht zu sagen die Weitläufigkeit – der fachlichen Auseinandersetzungen um Influenzmaschinen und die Detailverliebtheit bei der Beschreibung der verschiedenen Modelle und Varianten – nicht nur der von Toepler und Holtz – war der früh und deutlich von Toepler formulierten Einsicht geschuldet, dass „*noch manche Erscheinungen einer befriedigenden Erklärung vorläufig nicht zugänglich sind*“ [Toepler 1866]. Das änderte sich erst mit der von Robert Wichard **Pohl** gegebenen Interpretation des Wirkungsmechanismus der Influenzmaschinen [Pohl 1927].³⁹ Die verschiedenen Konstruktionen erwiesen sich letztlich alle als verschiedene Seiten der gleichen Medaille. Wir werden hier zunächst zwei Maschinen besonders herausstellen, die konkurrierende Prinzipien und deren Umsetzungen besonders deutlich erkennen lassen, und dann auf die wichtigsten anschließenden – und abschließenden! – Entwicklungen hinweisen.

Mechanisch bewegtes Element in Toeplers erster Maschine war eine kreisförmige Glascheibe, welche zwei halbkreisförmige leitfähige Segmente trug (**Bild 16**). Mit diesen realisierte eine (darunter) gegenübergestellte und die halbe Kreisfläche abdeckende Metallplatte die für eine Spannungserhöhung unverzichtbaren variablen Kapazitäten. Die Erregung der Maschine bewirkte eine auf der gleichen Welle sitzende kleinere Maschine gleicher Bauart.

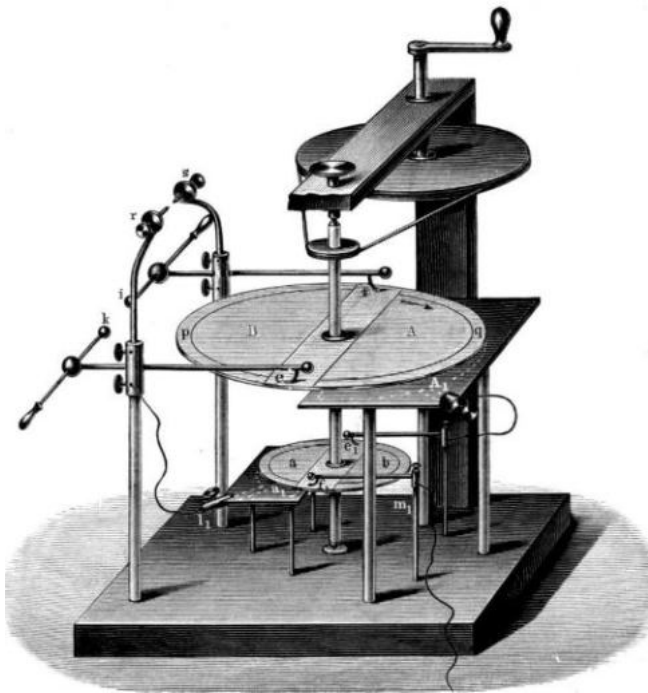


Bild 16:

Toeplers erste Maschine mit der mitkoppelnden Erregermaschine (unten); nach [Toepler 1865]. Aus technischen Gründen ist die gleiche Abbildung [Schmidt 1918] entnommen.

Entscheidendes Detail ist der Umstand, dass die kleinere Maschine ihre Erregung vom Ausgang der großen Maschine vorzeichenrichtig empfängt. Nur damit war die Selbsterregung der Maschine sicher gewährleistet. Wir kommen auf das Prinzip der Selbsterregung im Zusammenhang mit Pohls Modell zurück.

³⁸Nach TUDA, nlaumtoepler (1), Nr. 105 „Notizen zur Geschichte der Influenz“.

³⁹ Pohls Lehrbuch erschien bis 1949 in vierzehn Auflagen! Seine Erklärung der Influenzmaschinen ist auch von [Recknagel 1959] übernommen worden und in viele weitere Auflagen eingegangen.

Holtz experimentierte mit einer rotierenden und einer feststehenden Glasscheibe sowie mit zwei gegenläufig rotierenden Scheiben; diese mit oder ohne papierene (also schwach leitende) segmentierende Beläge. Das letztlich herausragende Element der Holtzschen Maschinen war die Einführung von „Querinduktoren“, besonders herausgestellt in [Holtz/Poggendorff 1869] (**Bild 17**).⁴⁰

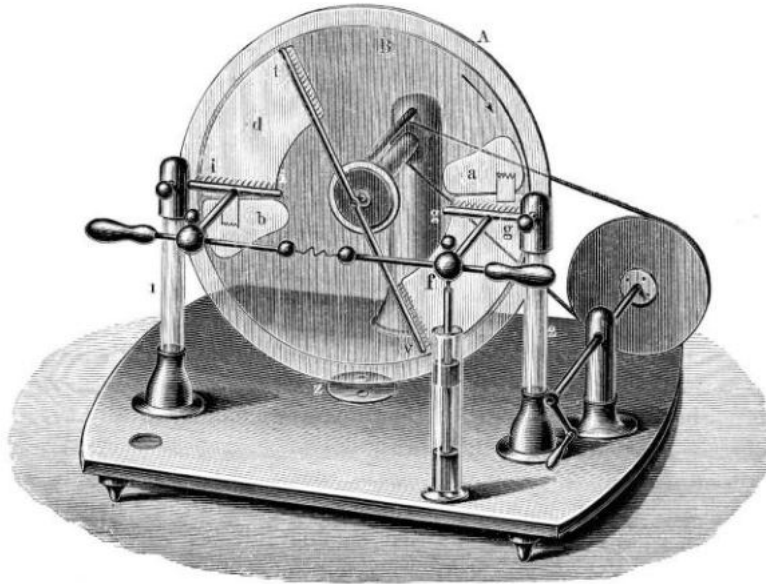


Bild 17:

Frühe Influenzmaschine nach [Holtz/Poggendorff 1869].

Die Abbildung ist aus technischen Gründen [Heinke 1902] entnommen.

Sie realisieren die „Neutralisator“-Funktion in Pohls späterem „Multiplikator“-Modell“. Die wohl vollständigste Zusammenführung der von Holtz und Toepler im Wechselspiel für günstig befundenen Konstruktionsmerkmale finden wir in der von Toepler der 51. Naturforscherversammlung 1878 in Kassel [Toepler 1878 (c)] vorgestellten Maschine (**Bild 18**). Diese hatte der Mechaniker Wesselhöft aus Halle angefertigt. Dieser Stand wurde vielfach aufgegriffen und variiert. Wir verweisen hier auf ein vom damals recht bekannten Lehrmittel-Hersteller und Verleger Max Kohl, Chemnitz, angebotenes Modell (**Bild 19**).⁴¹

Die Influenzmaschinen erfuhren im ausgehenden 19. Jahrhundert vielfältige Ausgestaltungen von unterschiedlichen Forschern. Die damals umfassendste Übersicht enthält [Wiedemann 1893]. Über grundsätzlich neue Prinzipien konnte Wiedemann aber nicht berichten. Zwei Versionen verdienen besonders herausgehoben zu werden:

Der britische Erfinder James **Wimshurst** übernahm 1882 die Konzepte von Holtz und Toepler und stellte eine (technologisch) ziemlich einfache Maschine vor [Born 1884]. Herr Wimshurst sei der Meinung, dass diese Maschine mit gutem Gewinn für kaum mehr als siebzehn Schilling konstruiert, produziert und verkauft werden könne. So kommentierte das britische Journal *Engineering* deren erste Vorstellung [N. N.: 1883].

⁴⁰ Poggendorff berichtet dort über eine von Holtz entworfene Maschine, die dieser krankheitshalber nicht selbst vorstellen konnte. Die Abbildungen seien schon vor der Absage von Holtz nach dessen Vorgaben gestochen worden, so Poggendorff.

⁴¹ Manche Influenzmaschinenhersteller waren damals so bekannt, dass die zeitgenössische Literatur den von ihnen vertriebenen Modellen den Begriff „System“ zuschrieb, z. B. „System Voss“. (Voss war ein Berliner Hersteller.)

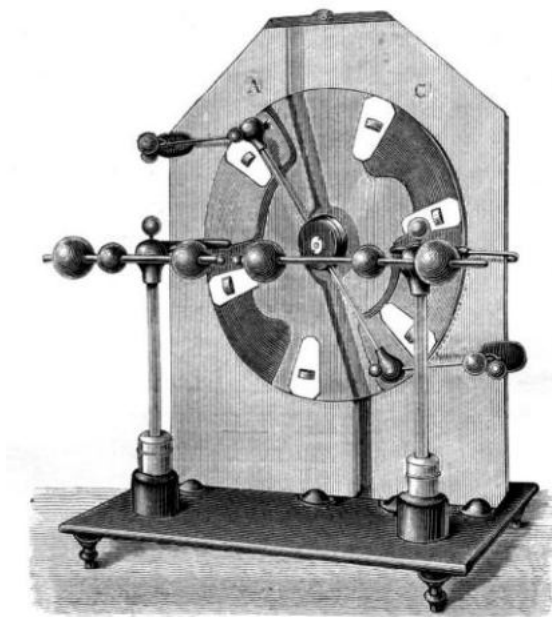


Bild 18: Das von Toepler 1878 vorgestellte Modell. Er verwies vor der Naturforscherversammlung in Cassel ausdrücklich auf die von Holtz übernommenen Elemente. /Entnommen aus [Heinke 1902]./

Wenn man die in großer Zahl verbreitete Maschine (Bild 20) mit dem Modell von Holtz (Bild 17) bzw. mit dem von Holtz/Toepler nach Bild 19 vergleicht, dann versteht man, warum sich Holtz vehement gegen die Bezeichnung „Wimshurst-Maschine“ wandte.⁴² Holtz und Toepler hatten gegenläufige Scheiben benutzt, diese segmentiert und den Neutralisator (Querinduktor) eingeführt. Alle diese Elemente sind auch der Wimshurst-Maschine eigen.

Immerhin bleibt es das Verdienst von Wimshurst, die Influenzmaschine mit durchdachten konstruktiven und technologischen Ansätzen von einer exklusiven Forschungsapparatur zu einem leicht zugänglichen Lehrmittel gewandelt zu haben. Heute ist die Wimshurst-Maschine ein physikalisches Spielzeug, verfügbar für weniger als hundert Euros.

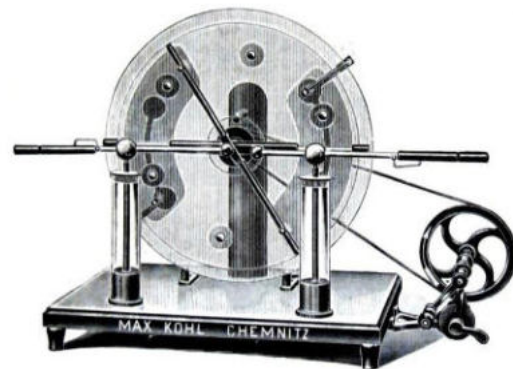


Bild 19: Von Max Kohl, Chemnitz, vertriebene Influenzmaschine. Die Abbildung ist [Schmidt 1918] entnommen.



Bild 20: Eine als Lehrmittel ausgestaltete Influenzmaschine nach Wimshurst /Holtz/Toepler; hergestellt von Voltana, Deutschland, um 1935. Im Vordergrund die innen und außen metallbelegten Glaszylinder („Leydener Flaschen“) als zu- und abschaltbare hochspannungsfeste Stützkapazität für die elektrische Last. /Privatbesitz des Verfassers/

⁴² Holtz hat sich in dieser Sache mehrfach dezidiert geäußert: in [Holtz 1883 (a)] und in [Holtz 1904]. Dabei reden die Protagonisten bei ihren Prioritätsansprüchen auch aneinander vorbei: Holtz stellt die physikalisch wirkenden, Wimshursts Interpretationen stellen die technologisch vereinfachenden Elemente heraus.

Toepler hielt sich, soweit wir sehen können, mit öffentlichen Bekundungen in diesem Prioritätenstreit zurück. Sehr prominente Unterstützung erhielt Holtz von einem späten aber keineswegs erfolglosen Akteur auf dieser Bühne.

Der promovierte Elektroingenieur Heinrich **Wommelsdorf** sah in der Influenzmaschine eine adäquate Spannungsquelle zum Betrieb von Röntgenapparaturen [Wommelsdorf 1904 (a)] (**Bild 21** und **Bild 22**) – nicht ganz zu unrecht. Und er sah in Holtz den geistigen Vater der von Wimshurst realisierten Prinzipien [Wommelsdorf 1904 (b)].

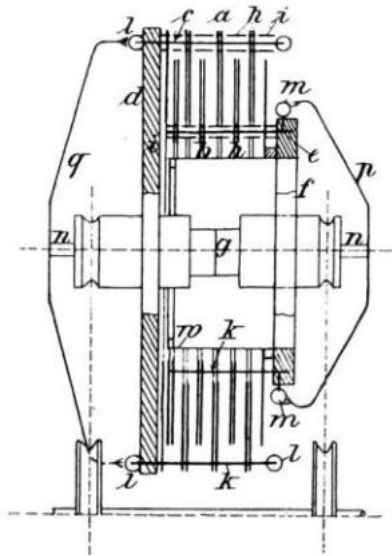


Bild 21: Entwurf einer Mehrscheiben-„Kondensator“-Maschine nach [Wommelsdorf 1904 (a)].

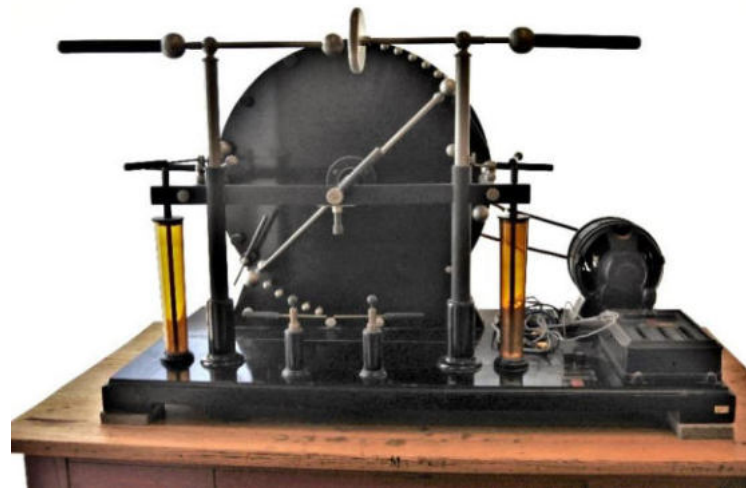


Bild 22: „Kondensator-Maschine“ nach Wommelsdorf, Basis-Breite 78 cm. Historische Sammlung des 1. Physikalischen Instituts der Georg-August-Universität Göttingen. /Foto von T. Schöps, Göttingen, unterstützt von D. Steif, Mitarbeiter des genannten Instituts. /

In weiteren Veröffentlichungen zu seiner als „Kondensator-Maschine“ bezeichneten Influenzmaschine, z. B. [Wommelsdorf 1904 (b), (c)], setzte er sich mit den Auswirkungen der Maschinenparameter, wie Scheibendicke, Scheibenabstand und Neutralisator-Position, auseinander. Dabei erwarb er mehrere Patente zur Ausgestaltung technischer Details. Auch Wimshurst hatte Vielscheibenmaschinen für die frühe Röntgentechnik entworfen [Wimshurst 1900]. Damit knüpften beide Forscher an Ziele an, die Toepler schon früh verfolgte.

Noch heute ist Toepler im Bewusstsein der Elektrotechniker und Physiker durch seine Mehrscheibenmaschinen fest verankert. Auf dieses Prinzip hatte er schon in seiner ersten Arbeit über Influenzmaschinen verwiesen [Toepler 1865]. Besonders in Dresden fand Toepler Gelegenheit diese Linie weiter zu verfolgen. Dabei hatte er in Oskar *Leuner*, „Mechaniker am Königl. Polytechnikum zu Dresden“⁴³ einen engagierten Helfer. An die Öffentlichkeit trat er mit [Toepler 1879, 1880 a] und insbesondere mit [Toepler 1882] (**Bild 23**).

⁴³ Der Titel „Mechaniker am ...“ wurde Leuner 1877 vom *Königl. Ministerium des Cultus und öffentlichen Unterrichts* verliehen. Er darf nicht so verstanden werden, als sei Leuner Angestellter am Polytechnikum gewesen; im Gegenteil. Leuner arbeitete in einem Raum („im Souterrain“) des Polytechnikums am Bismarckplatz auf eigene Rechnung. Der erkennbare Geschäftsbetrieb bezeugt, dass er eine eigene Werkstatt in Dresden besaß. Hinweise zur Titel-Verleihung an Leuner finden sich in TUDA, *nlaumtoepler* (1), Nr. 105 „Notizen und Skizzen zur Geschichte der Influenz“.

ne Leuners wurde aus dem Schutt des im Februar 1945 zerstörten Hauptgebäudes der TH Dresden am Bismarckplatz – heute Friedrich-List-Platz – geborgen und vom Mechaniker *Wunderwald* wieder aufgebaut.

Insofern finden sich in diesem Modell, abweichend von der historischen Urform, Konstruktionselemente und Materialien sowohl historischen als auch neueren Ursprungs.⁴⁵ Es heißt, dass diese Maschine noch bis in die 1950er Jahre von Max Toepler und später von Alfred *Recknagel* genutzt worden sei.

Was die oft gestellte aber damals nie prinzipiell beantwortete Frage nach dem Wirkungsgrad der Maschinen betrifft, sind Wommelsdorf die gründlichsten experimentellen Untersuchungen zuzuschreiben. Er ermittelte in einer bezüglich der Ergebnisse einmalig gebliebenen Versuchsreihe einen maximalen Wirkungsgrad von 26,7 % [Wommelsdorf 1904 (a)]. Das ist der höchste jemals gemessene Wert – in der Größenordnung eines schon ein Vierteljahrhundert früher von Toepler dokumentierten Wirkungsgrades von ca. 20 % [Toepler 1879 (b)]. Diese Werte blieben Singularitäten. Die Mehrzahl der vielfältigen Versuche einer mittlerweile zahlreichen Forschergemeinschaft ergaben Wirkungsgrade im einstelligen Prozentbereich oder darunter. Gegründet auf das Pohlsche Multiplikator-Modell wird nachfolgend versucht, eine quantitative Deutung dieses Verhaltens der Influenzmaschinen zu geben und die genannten Prozentwerte zu interpretieren.

6.2 Qualitative und quantitative Betrachtungen

6.2.1 Das Modell nach Robert Wichard Pohl

Wir beschreiben den Ladungstransfer von der Influenzmaschine nach einer kapazitiv gestützten ohmschen Last mit Hilfe des Multiplikator-Modells⁴⁶ nach Robert Wichard Pohl [Pohl 1927] (**Bild 25**).

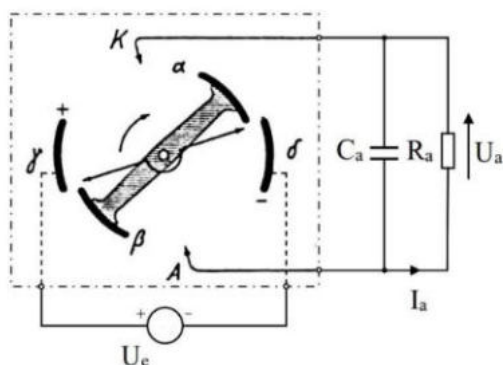


Bild 25:

Das „Multiplikator“-Modell nach Pohl. Aus wissenschaftshistorischen Gründen sind hier die innerhalb der Strichpunktierung befindlichen Elemente original von Pohl (spätere Auflagen) übernommen.

⁴⁵ Zu Details (incl. Fotos) hierzu siehe den Untersuchungsbericht des Restaurators Andreas Holfert, Dresden, vom 27.05.2020; Kustodie der TUD.

⁴⁶ Pohl bezeichnet die Funktion seines Modells als „Multiplikationsverfahren“. Damit erinnert er (ohne dies explizit herauszustellen) an die in der frühen Elektrizitätslehre viel diskutierten „Duplikatoren“ und „Multiplikatoren“, an die sich sein Modell anlehnt. Es unterscheidet sich von den Vorgängern durch die klare funktionelle Trennung der beteiligten Effekte. Die Anwendbarkeit seines Modells auf Influenzmaschinen mit gegenläufigen und stark segmentierten Scheiben nach Toepler/Holtz/Wimshurst erklärt Pohl mit dem beständigen Vertauschen der Rolle der Elektrodenpaare $\gamma\delta$ und $\alpha\beta$.

Wenn der Rotor, eine isolierende Speiche mit den metallischen Elektroden α und β , in das von der Spannung U_e zwischen den Elektroden γ und δ aufgebaute Feld eintritt, wird er von dem als „Neutralisator“ bezeichneten Doppelpfeil kurzgeschlossen. Er wird zum kompakten elektrischen Leiter, auf dessen Außenflächen α und β gleich große entgegengesetzte Ladungen zu γ und δ induziert werden. Wenn der Rotor das Statorfeld verlässt, wird der Kurzschluss der Elektroden α und β aufgehoben. Die Ladungen sind getrennt und werden in den durch die Elektroden γ - α und δ - β gebildeten Kapazitäten gespeichert. Mit dem Drehen des Rotors in Richtung der Elektroden A und K werden diese Kapazitäten mit mechanischer Arbeit gegen die Kraft des elektrischen Feldes verkleinert. Spannung und elektrische Energie steigen entsprechend. Auf einem hohen Spannungsniveau $U_{\alpha\beta} = U_E = vU_e > U_A$ werden Ladungen an die Last $C_A \parallel R_A$ übergeben. Der (symbolischen) Eingangsspannungsquelle U_e (Bild 25) wird dabei keine Energie entzogen; die umgesetzte elektrische Energie entstammt der mechanisch aufgewendeten Arbeit.

Die Fähigkeit zur „Selbsterregung“, der in der frühen Influenzmaschinenliteratur eine (aus energetischer Sicht unangemessen) hohe Bedeutung zugeschrieben wird, erklärt das Modell nach Pohl mit den Elektroden F_1 und F_2 (Bild 26). Nicht an die Last übergebene Ladungen werden vor dem Neutralisieren in Teilen auf die Stator-Elektroden γ und δ übertragen und erhöhen sukzessiv die Feldstärke zwischen diesen. Die mit U_e (oder parasitär) aufgebrauchten Anfangsladungen treten in den Hintergrund.

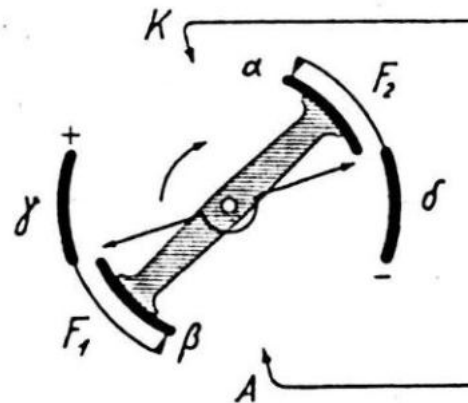


Bild 26: Das Modell Pohls mit der Möglichkeit zur Selbsterregung mittels der Kontakte F_1 und F_2 .

Das in der frühen Literatur oft beklagte Nachlassen der Ausgangsspannung bis hin zur Polaritätsumkehr erfährt seine Erklärung aus dem Fehlen des „Neutralisators“. Wenn ein nicht neutralisierter – also ein geladener – Rotor in das gleichnamige Feld des Stators einfährt, entstehen Verschiebestrome, die die Ladung des Statorfeldes abbauen – die Abwesenheit einer stromergiebigen Quelle U_e vorausgesetzt. Pragmatische Abhilfe schufen die Pioniere mit der mitgekoppelten Erregermaschine (Toepler) oder dem „Querkonduktor“ (\cong Neutralisator) (Holtz).

6.2.2 Eine elementare Theorie der Effizienz von Influenzmaschinen ⁴⁷

6.2.2.1 Geometrische Deutung der Spannungsverhältnisse und des inneren Verstärkungsfaktors

Die klare funktionelle Trennung von Influenzierung, Ladungstrennung und Spannungs-/Energievermehrung im Pohlschen Modell erlaubt, die Spannungsverhältnisse im Maschineninneren zu analysieren und zu interpretieren (Bild 27).

⁴⁷ Aus didaktischen Gründen wird das Problem in zwei Schritten entwickelt. Zunächst wird angenommen, dass die kapazitive Stützung der Außenlast so stark sei, dass der fließende Strom als reiner Gleichstrom aufgefasst werden kann. Davon ausgehend wird dann die Betrachtung auf weniger stark gestützte Lasten ausgedehnt, bei denen die Wechselanteile von Strom und Spannung nicht mehr ignoriert werden dürfen. Zur Wirkungsgradanalyse bei stark gestützter ohmscher Last siehe auch [Dörfel/Wehreter 2021].

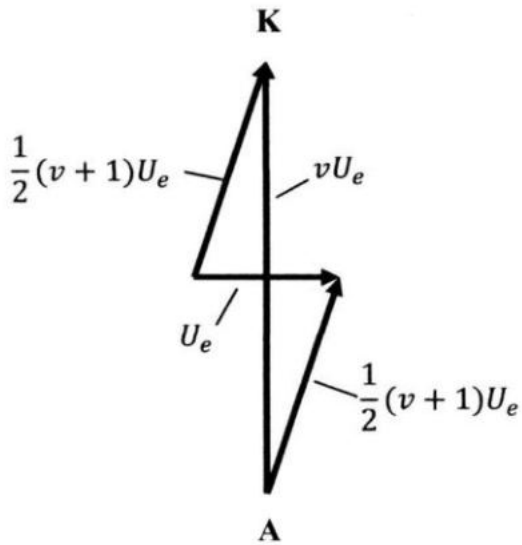


Bild 27:

Die Spannungsverhältnisse in der Maschine unmittelbar vor der Kontaktierung des Rotors mit der Last.

Die Orientierung der Spannungspfeile des maschineninternen Maschenumlaufs sind der Anschaulichkeit halber an die Geometrie des Modells angelehnt.

Der zunächst ad hoc eingeführte Verstärkungsfaktor v hat eine geometrische Entsprechung (Bild 28).

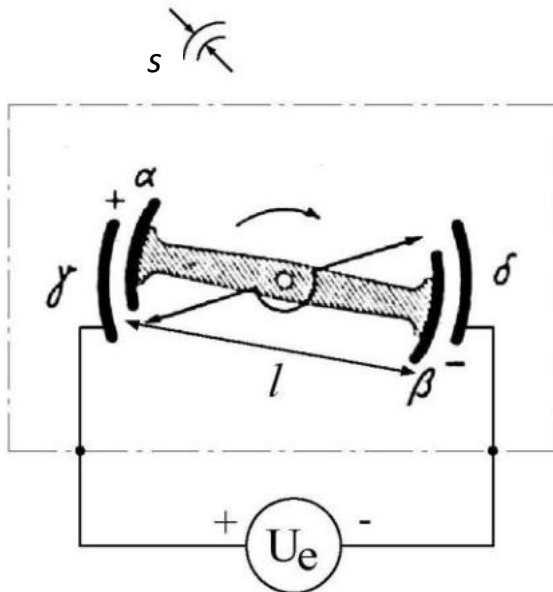


Bild 28:

Zur geometrischen Veranschaulichung des inneren Verstärkungsfaktors v .

s sei der Abstand zwischen den Elektroden γ - α bzw. β - δ und l der Abstand der Rotorelektroden α - β . Die Elektrodenfläche betrage F . Deren Krümmung sei vernachlässigbar.

Mit den in Bild 28 eingeführten Größen gilt

$$U_E = vU_e = \frac{Ql}{F\epsilon}, \quad Q = 2 \frac{U_e F \epsilon}{2s} \rightarrow v = \frac{l}{s} \quad (6.1)$$

Für eine auf Pohls Modell basierende reale Maschine wird der Verstärkungsfaktor wegen unvermeidbarer parasitärer Kapazitäten kleiner ausfallen. Bei der nachfolgenden Wirkungsgradbetrachtung erweist sich dieser Umstand aber als irrelevant.

6.2.2.2 Wirkungsgrad und Innenwiderstand

Die fremderregte Maschine

Vorausgesetzt sei (zunächst) eine so ausgiebige kapazitive Stützung der ohmschen Last, dass der Laststrom I_A als Gleichstrom betrachtet werden darf. Ausgedrückt wird dies durch

$$C_A = kC \quad \text{mit } k \gg 1. \quad (6.2)$$

C steht für eine (relativ kleine) maschineninterne Kapazität⁴⁸. Die Annahme $k \gg 1$, (Gl. 6.2), schließt ein, dass die Kontaktierung des Rotors mit der Last (**Bild 29**) als Prozess ohne zeitliche Ausdehnung betrachtet werden darf.

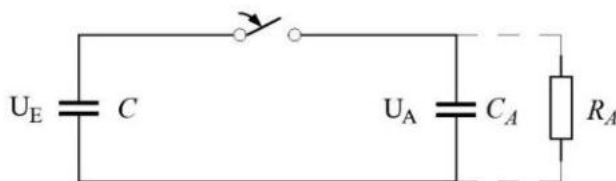


Bild 29:

Zur Veranschaulichung des Ladungstransfers von der hochgespannten Maschine zur Last.

Die quantitative Analyse des Ladungstransfers führt auf einen Ladungszuwachs auf $C_A = kC$ von

$$\Delta Q = \frac{k}{1+k} C (U_E - U_A) \quad (6.3)$$

verbunden mit einem Spannungszuwachs

$$\Delta U_A = \frac{1}{1+k} (U_E - U_A) \quad (6.4)$$

und einem Energiezuwachs

$$\Delta E_{C_A} = \frac{kC}{2} (2U_A \Delta U_A + \Delta U_A^2). \quad (6.5)$$

Vergleicht man diesen mit der pro Zyklus aufzuwendenden mechanischen Energie

$$E = \frac{C}{2} U_E^2, \text{ so ergibt sich ein Wirkungsgrad}$$

$$\eta = \frac{k(2U_A \Delta U_A + \Delta U_A^2)}{U_E^2}. \quad (6.6)$$

Eine simple Extremwertbetrachtung führt auf

$$U_{E_{opt}} = 2U_A, \quad (6.7)$$

woraus

$$\eta_{max} = \frac{1}{2} \frac{k}{1+k} \quad \text{mit } (k \gg 1) \quad (6.8)$$

und

⁴⁸ Ihre Größe ergibt sich, **Bild 27** folgend, aus der Rotorkapazität $C_{\alpha\beta}$ parallelgeschaltet mit der Reihenschaltung aus $C_{\gamma\delta}$ und den mechanisch aufgedehnten Kapazitäten $C_{\gamma\alpha}$ und $C_{\delta\beta}$ (plus weiterer parasitärer Kapazitäten).

$$\eta_{max,k \rightarrow \infty} = \frac{1}{2} \quad (6.9)$$

folgen.⁴⁹

Der beim Kontaktieren der Maschinenkapazität C mit der kapazitiv gestützten Last auftretende Entladungsfunken ist also Voraussetzung für den Ladungstransfer und gleichermaßen Ursache für den Energieverlust.

Drehzahl und Innenwiderstand

Mit $I_A = \Delta Q n$ und Gl. (6.3) ergibt sich die zur Erzeugung der benötigten Ausgangsleistung erforderliche Zahl von Arbeitszyklen⁵⁰ je Zeiteinheit ($n = T^{-1}$) zu

$$n = \frac{1+k}{k} I_A \frac{1}{C(U_E - U_A)} \quad (6.10)$$

für den Betrieb unter optimalen Bedingungen. Entsprechend Gl. (6.7) und $k \gg 1$, beträgt die optimale Zyklenzahl

$$n_{opt} = (R_A C)^{-1}. \quad (6.11)$$

Mit der Leerlaufspannung U_E und dem Kurzschlussstrom $I_{sc} = nQ = nCU_E$ kann der Innenwiderstand

$$R_i = (nC)^{-1} \quad (6.12)$$

zugeordnet werden.⁵¹ Unter optimalen Bedingungen – siehe Gl. (6.11) – scheint das Verhalten der Influenzmaschine mit dem Verhalten des klassischen Zweipols bei maximalem Leistungstransfer zu korrespondieren: $R_i = R_A \rightarrow \eta = \frac{1}{2}$.

Ein wesentlicher Unterschied besteht aber darin, dass der Innenwiderstand R_i über die Drehzahl mit der Last verknüpft ist – siehe Gl. (6.11) u. Gl. (6.12). Das hindert die Influenzmaschine daran, wie der klassische Zweipol Ausgangsleistung gegen Wirkungsgrad tauschen zu können. Der Grenzfall $R_A \rightarrow \infty, \eta \rightarrow 1$ bleibt den Influenzmaschinen verwehrt.

Die selbsterregte Maschine

Die auf U_A aufgeladene Rotorkapazität wird mittels der Kontakte F_1 und F_2 nach einigen Zyklen die Elektroden γ und δ so aufladen, dass $U_E = vU_A$ gilt. Mit der mechanisch aufzubringenden Leistung

$$P_E = \frac{1}{2} C (vU_A)^2 n \quad (6.13)$$

⁴⁹ Die mit Gl. (6.8) ausgedrückte Tendenz bezüglich der Wirkung mehr oder weniger großer Stützkapazitäten wird durch eine sehr frühe Quelle bestätigt. [Schmidt 1918], dort S. 70, kommentiert Messergebnisse nach E. Mascart, *Traité de l'électricité 2* (1876), 316, und meint, dass „eine Zuschaltung von Leidener Flaschen günstig zu sein“ scheint.

⁵⁰ „Zyklenzahl“ ist hier der Kehrwert der Periodendauer T zwischen zwei Kontaktierungen des Rotors mit der Last. Davon fallen auf eine Volldrehung zwei. Wenn hier und ff. gelegentlich der Begriff „Drehzahl“ fällt, dann ist der Faktor 2, der beide Größen verbindet, zu beachten.

⁵¹ Auf einen umgekehrt proportional von der Drehzahl abhängigen Innenwiderstand hat schon [Hermann 1923] hingewiesen. Er stützte sich dabei auf in [Rossetti 1875] mitgeteilte Messwerte.

und der elektrischen Ausgangsleistung $P_A = U_A I_A$ sowie mit Gl. (6.10) erhält man als Wirkungsgrad

$$\eta = 2 \frac{k}{1+k} \frac{v-1}{v^2}. \quad (6.14)$$

Eine einfache Extremwertbetrachtung führt zu

$$v_{opt} = 2; \quad (6.15)$$

wenig überraschend angesichts Gl. (6.7). Wieder stoßen wir auf die Obergrenze 50%.

6.2.2.3 Verallgemeinerungen

Eine Reduzierung der Stützkapazität äußert sich in der Ausprägung von Sägezähnen auf der Ausgangsspannung (**Bild 30**).

Die beim Kontaktieren von innerer Kapazität C mit äußerer Kapazität $C_A = kC$ herbeigeführte Umverteilung der Ladungen (**Bild 29**) führt zu den Spannungsverhältnissen nach **Bild 30**:

$$U_{\uparrow} = \frac{U_{\downarrow} kC + U_E C}{(1+k)}. \quad (6.16)$$

Weiter ist davon auszugehen, dass die für $k \rightarrow \infty$ ermittelte Zyklendauer nicht mehr das Optimum beschreibt. Um dieses aufzusuchen, wird die Zyklendauer mit der Variablen x bewertet. Der Sägezahn gehorcht also

$$U_{\downarrow} = U_{\uparrow} e^{-\frac{xT}{kCR_A}} = U_{\uparrow} e^{-\frac{x}{k}}. \quad (6.17)$$

Aus beidem folgt

$$U_{\uparrow} = \frac{U_E}{1+k-ke^{-\frac{x}{k}}}. \quad (6.18)$$

Mit jedem Zyklus wird die Energie

$$E_A = \frac{U_E^2}{R_A(1+k-ke^{-\frac{x}{k}})^2} \int_0^{Tx} e^{-\frac{2t}{kT}} dt = \frac{U_E^2}{R_A} \frac{1}{(1+k-ke^{-\frac{x}{k}})^2} \frac{kT}{2} (1 - e^{-\frac{2x}{k}}) \quad (6.19)$$

abgegeben. Dem steht die mechanisch aufzubringende Energie

$$E_{mech} = \frac{C}{2} U_E^2 = \frac{T}{2R_A} U_E^2 \quad (6.20)$$

entgegen. Also lautet der von x und k abhängige Wirkungsgrad

$$\eta = \frac{k(1-e^{-\frac{2x}{k}})}{(1+k-ke^{-\frac{x}{k}})^2}. \quad (6.21)$$

Zur rechnerischen Vereinfachung substituieren wir

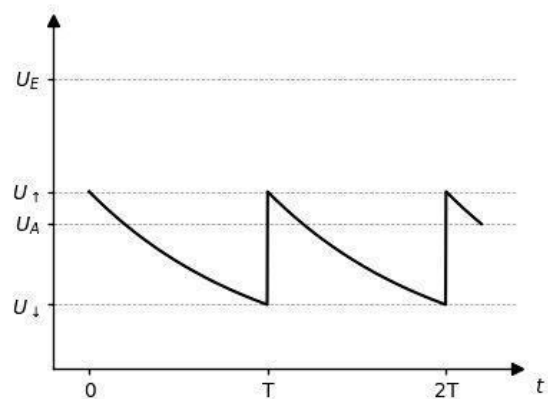


Bild 30: Zur Sägezahnausprägung; hier etwa maßstäblich für $k=1$.

$$z = e^{-\frac{x}{k}} \quad (6.21)$$

und erhalten mit einer Extremwertbetrachtung

$$z_{opt} = \frac{k}{1+k} \quad (6.22)$$

Der so darstellbare Wirkungsgrad

$$\eta(k_{opt}) = \eta_{max,k} = \frac{k[1 - (\frac{k}{1+k})^2]}{(1+k - k\frac{k}{1+k})^2} \quad (6.23)$$

lässt sich mit wenigen Umformungen zurückführen auf

$$\boxed{\eta_{max,k} = \frac{k}{1+2k}} \quad \text{und somit} \rightarrow \eta_{max,k \rightarrow \infty} = \frac{1}{2}, \quad (6.24)$$

mit erkennbarer Verwandtschaft zu der unter eingeeengten Voraussetzungen hergeleiteten Gl. (6.8). Um die Grenze $\eta_{max,k}$ nach Gl. (6.24) zu realisieren, müssen Maschinenspannung und Drehzahl entsprechend angepasst werden. Für letztere gilt

$$n_{opt} = n_{opt,k \rightarrow \infty} \frac{1}{x_{opt}} \quad (6.25)$$

mit

$$x_{opt} = k * \ln \frac{1+k}{k} \quad (6.26)$$

Das folgt aus den Gln. (6.21) u. (6.22). Die Spannungsanpassung ergibt sich aus der Energiebilanz

$$E_A = E_{mech} \eta_k = \frac{U_E^2 C R_A}{2 R_A} \eta_{max} = \frac{U_E^2 T}{2 R_A} \eta_{max} = \frac{U_A^2 x_{opt} T}{R_A} \quad (6.27)$$

und aus der Ausgangssituation nach Gl. (6.7):

$$U_{E_{opt,k}}^2 = \frac{1}{2} U_{E_{opt,k \rightarrow \infty}}^2 \frac{x_{opt}}{\eta_{max}} = \frac{1}{2} U_{E_{opt,k \rightarrow \infty}}^2 (1+2k) \ln \frac{1+k}{k} \quad (6.28)$$

Die Zusammenhänge sind in **Bild 31** veranschaulicht. Darin folgen η nach Gl. (6.24),

$$n = \frac{n_{opt,k}}{n_{opt,k \rightarrow \infty}} \text{ nach den Gln. (6.25/26) sowie } u = \sqrt{U_{E_{opt,k}}^2 / U_{E_{opt,k \rightarrow \infty}}^2} \text{ nach Gl. (6.28).}$$

Analytisch ausgedrückt, gilt die Maschinengleichung

$$\boxed{\eta_{max,k} * \frac{n_{opt,k}}{n_{opt,k \rightarrow \infty}} * \frac{U_{E_{opt,k}}^2}{U_{E_{opt,k \rightarrow \infty}}^2} = \frac{1}{2}} \quad (6.29)$$

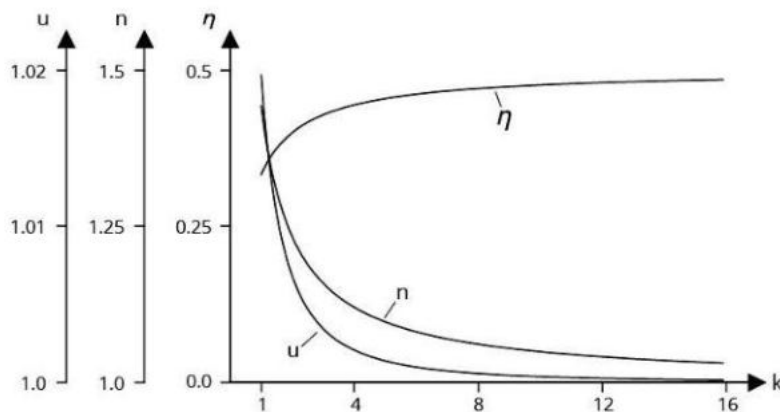


Bild 31:

Anpassung von Drehzahl und Maschinenspannung bei reduzierter kapazitiver Stützung der Last.

Die erforderliche Spannungsnachführung ist im Bereich realer k -Werte erkennbar marginal.

6.3 Wertung

Dass der Obergrenze des A. Toepler von Anfang an so wichtigen Wirkungsgrades der Influenzmaschinen einschneidende Grenzen gesetzt sind, erregt keine Verwunderung. Wohl aber die Prägnanz dieser Obergrenze – exakt 50% unter ziemlich allgemeinen und auch nahe- liegenden Voraussetzungen und weitgehend unabhängig von den Maschinenparametern.⁵² Damit ist gezeigt, dass die von den Pionieren gehegte Hoffnung, mit mechanischer Arbeit sehr effektiv große elektrische Wirkungen erzielen zu können, unerfüllt bleiben musste.

Die dann auf dem Höhepunkt des Einsatzes von Influenzmaschinen diskutierten Erwartungen, bei deren Betreiben unter erhöhtem Luftdruck oder Öl die Verluste drastisch senken zu können, sind aus physikalischen Gründen nicht erfüllbar.⁵³ Insofern erweist sich auch A. Toeplers Vermutung [Toepler 1882], dass der dynamoelektrische Generator nach Siemens, wenn man ihn für die gleichen hohen Spannungen herrichten müsste, gleiche Verlust- probleme bereiten würde, als unzutreffend.

Viel schwerer als die hier angegebene Obergrenze wiegt eine in deren Herleitungen begründete Einsicht: Selbsterregte Influenzmaschinen, wie sie klassisch ohne jede Einfluss- möglichkeit auf die innere Verstärkung ν und damit auf die Maschinenspannung U_E betrieben

⁵² Es wurde mit [Strauch 1935] nur eine Arbeit aufgefunden, die nach Zielsetzung und Herangehensweise der hier vorgelegten Betrachtung nahekommt. Ebenfalls angelehnt an das Modell von Pohl, aber von einem sehr problematischen Ansatz ausgehend, ermittelte der Autor Wirkungsgrad-Obergrenzen von 50% für $k = 0$ und 25% für $k \rightarrow \infty$, die physikalisch kaum zu interpretieren sind.

Bezüglich weiterer Literaturangaben zu Influenzmaschinen sei auf die wohl umfangreichste je veröffentlichte Zusammenstellung (129 Zitate!) von Antonio Carlos M. de Queiroz verwiesen; zugänglich unter <http://www.coe.ufri.br/~acmq/epapers.html>.

⁵³ August Toeplers Sohn Max Toepler hat Mitte des vergangenen Jahrhunderts diese Überlegungen noch einmal aufgegriffen und den (Mehrscheiben-)Influenzmaschinen eine partielle Konkurrenzfähigkeit zu den damals gängigen Hochspannungsanlagen zugeschrieben [Toepler, M 1952]. In [Toepler M 1936] schreibt Max Toepler seinem Vater alters- und krankheitsbedingt unerledigt gebliebene Projekte zu und benennt 60-plattige Maschinen unter hohem Luftdruck (als bereits angearbeitet!) sowie eine „Influenzmaschine ganz aus Metall für Vakuum“. Aus August Toeplers Mund oder Feder sind solche Projekte nicht bekannt. Es scheint, dass August Toepler bezüglich unverzichtbarer Phantasie einerseits und strenger Rationalität wissenschaftlicher Kreativität andererseits selbstkritischer angelegt war als sein Sohn Max.

werden⁵⁴, bewegen sich – von mehr oder wenig zufälligen guten Anpassungen abgesehen – in Arbeitsgebieten mit drastischen Abweichungen vom ohnehin eingeschränkten maximal erreichbaren Wirkungsgrad.

Der hier gesuchte Zugang beruht auf der Annahme, dass die ohmsche Last immer mehr oder weniger kapazitiv gestützt und der Ladungstransfer zwischen Rotor und Last ohne zeitliche Ausdehnung vollzogen wird. Das ist insofern realitätsnah, als die inneren Maschinenkapazitäten sehr gering sind. Selbst ohne Stützkondensator beeinflussen parasitäre Kapazitäten der gleichen Größenordnung den Ausgangskreis.

Bei sehr kleinen k -Werten ($k \approx 1$) wirkt sich aber ein endlich langes Schleifen der Kontakte sehr wohl aus. Die (kleine) Maschinenkapazität liegt für eine gewisse (kurze) Zeit parallel zur Stützkapazität. Der Parameter k erscheint um einen Bruchteil erhöht. Das alles bewegt sich aber im Bereich der ohnehin hinzunehmenden Unsicherheiten bei der Quantifizierung der Maschinenparameter.

7 Der Nachrichtentechniker August Toepler

7.1 Erste Wahrnehmungen

Als Nachrichtentechniker wurde August Toepler erstmals am 29. Nov. 1877 öffentlich wahrgenommen. Sein Kollege *Karl Eduard Zetzsche*, Professor für theoretische und praktische Telegraphie am Polytechnikum Dresden, sprach vor der Naturwissenschaftlichen Gesellschaft ISIS zu Dresden über „*Das Telephon und seine Anwendung in der Telegraphie*“ [Zetzsche 1878]. Hintergrund des Vortrags war die gerade erschienene Ausgabe des ersten Bandes seines *Handbuch(s) der elektrischen Telegraphie*, einer Monographie zu deren Geschichte [Zetzsche 1877]. Obwohl Toepler schon 1860 mit einer Dissertation zu einem telegraphischen Thema promoviert worden war, konnte er nicht davon ausgehen in Zetzsches Handbuch Platz gefunden zu haben. Die Dissertation war nie gedruckt worden, und auch sonst war Toepler nicht publizistisch auf sein Thema zurückgekommen. Also nutzte er den Themenabend der ISIS und stellte sich dort mit einem „Stimmgabelrufer“ dem nachrichtentechnisch interessierten Publikum vor. Auch dieser Entwurf enthielt, wie seine Dissertation, richtungsweisende Ansätze. Beide Ideen Toeplers sollen nachfolgend vorgestellt werden.

7.2 Toeplers Jenaer Dissertation

7.2.1. Die bibliographische Geschichte der Promotionsschrift

Max Toepler veranlasste 1912, im Todesjahr seines Vaters August, die Abschrift der im Archiv der Universität Jena aufbewahrten handschriftlichen Doktor-Dissertation seines Vaters. (Diese ist dort nicht mehr auffindbar.) Er fügte dem Typoskript ein handschriftliches Geleitwort bei (**Bild 32**) und übergab beides 1954 neben einigen anderen Dokumenten der TH Dresden – unabhängig von anderem umfangreichen an das Archiv der TH/TU Dresden gekommenen

⁵⁴ Es sei hier angemerkt, dass eine zielgerichtete Beeinflussung dieser Größen z. B. durch einen einstellbaren (kapazitiven) Spannungsteiler, der zwischen die Kontakte F1 und F2 und den Stator γ - δ (**Bild 26**) einzufügen wäre, durchaus vorstellbar ist.

Toepler-Nachlass. Das jedenfalls lässt sich aus den im Toepler-Nachlass der TUDA archivierten Schriftsätzen herauslesen. Ob das Konvolut an die Bibliothek oder an das Archiv ging, blieb zunächst unklar.

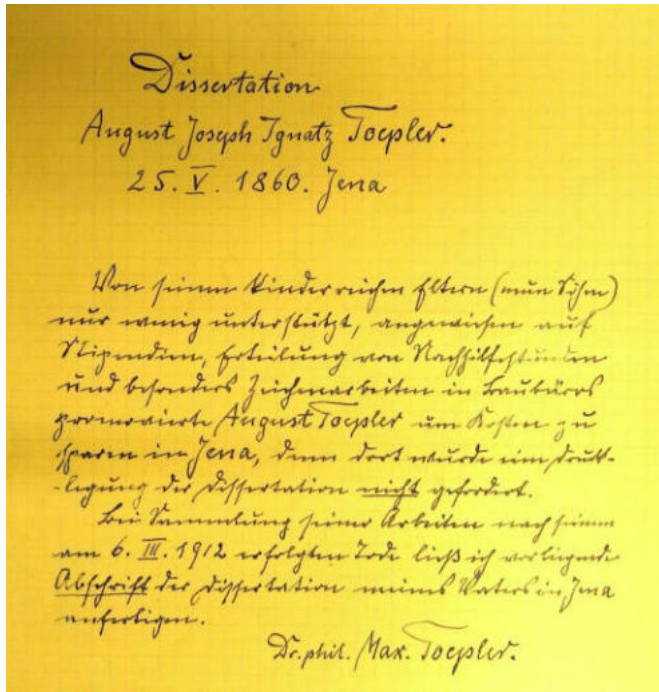


Bild 32:

Dissertation

August Joseph Ignatz Toepler.

25.V.1860. Jena

Von seinen kinderreichen Eltern (neun Söhne) nur wenig unterstützt, angewiesen auf Stipendien, Erteilung von Nachhilfestunden und besonders Zeichenarbeiten in Baubüros promovierte August Toepler um Kosten zu sparen in Jena, denn dort wurde eine Drucklegung der Dissertation nicht gefordert.

Bei Sammlung seiner Arbeiten nach seinem am 6.III.1912 erfolgten Tode ließ ich vorliegende Abschrift der Dissertation meines Vaters in Jena anfertigen.

Dr. phil. Max. Toepler

Die Sächsische Staats- und Universitätsbibliothek (SLUB) wies für die Dissertation Toeplers eine Signatur, einen Barcode und einen Standort aus, eine Hülle gewissermaßen. Die Schrift war nicht verfügbar; im *Karlsruher Virtuellen Katalog (KVK)*, dem gemeinsamen elektronischen Nachweis aller großen deutschen und der wichtigsten ausländischen Bibliotheken, ist Toeplers Dissertation aus verständlichen Gründen nicht verzeichnet. Immerhin ist sichtbar, dass die SLUB von der Existenz der Arbeit (der Abschrift?) wusste. Im Dezember 2020 wurde das von Max Toepler übergebene Schriftgut von Thomas Stern, Referatsleiter Handschriften, Seltene Drucke und Kartensammlung, im Altbestand der SLUB aufgefunden. Das Typoskript der Dissertation A. Toeplers ist in einem bedenklichen Zustand. Es liegt nunmehr digitalisiert vor [Toepler 1860 (a)]. Wenn wir alle zugänglichen Beweisstücke übereinanderlegen, erscheint sicher, dass bisher – neben Max Toepler – lediglich Wilhelm Hallwachs Zugang zur Abschrift der Dissertation August Toeplers hatte; dies zur Vorbereitung seiner Gedenkrede [Hallwachs 1912]. Ansonsten wurde immer nur der Titel der Dissertation weitergereicht.

7.2.2 Ein amplitudenbasiertes Codier-/Decodier-System

Mit seiner Dissertation unterbreitete A. Toepler einen „Vorschlag zu einer neuen Methode vermittelt eines einzigen Leitungsdrahtes zwei oder mehrere Depeschen gleichzeitig in derselben oder in entgegengesetzter Richtung zu befördern“.

Toepler ging vom System des Samuel Morse (**Bild 33**) aus, wonach mit dem „Schlüssel“ (d. h. der Morse-Taste) in einer Telegraphenstation I der Empfänger in einer damit verbundenen Station II aktiviert wird und umgekehrt, und so die nach Morse codierte Information – eine Folge kurzer und langer Stromstöße – übermittelt werden kann.

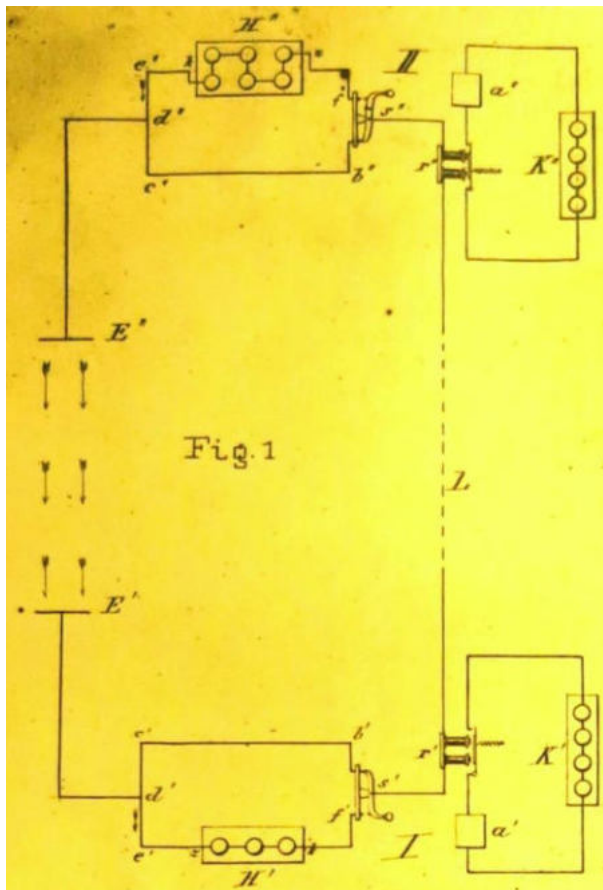


Bild 33:

Die Ausgangssituation des Übertragungssystems:

Die Stationen I und II korrespondieren nach dem System von Samuel Morse miteinander. Um die wechselseitigen Signale unterscheidbar zu machen, werden nach Toepler von den unterschiedlich starken Energiequellen H' und H'' beim Betätigen der „Schlüssel“ (Tasten) s' und s'' unterschiedliche Ströme ausgelöst.

Toepler sieht die Aufgabe darin, diese auch beim gleichzeitigen und unkoordinierten Senden beider Stationen den Empfängern richtig zuzuordnen zu können.

Ausschnitt aus der als „Photogramm der Tafel I“ von Max Toepler bezeichneten und im Nov. 1912 der Abschrift beigegebenen Kopie.

Um dem im Titel der Dissertation formulierten Ziele nahezukommen, machte Toepler die von beiden Stationen gesendeten Ströme dadurch unterscheidbar, dass die beiden Stationen mit unterschiedlich hohen Spannungen betrieben werden; in Toeplers Beispiel Station I mit drei, Station II mit sechs Batterien. Senden beide Stationen unkoordiniert gleichzeitig, so werden die beiden Empfängerrelais r' und r'' neben dem Nullsignal Ströme der (symbolischen) Stärke (1), (2) und (3) = (1) + (2) wahrnehmen.

Die Stromsignale werden decodierbar, wenn das Empfangsrelais der Station II qualifiziert wird, ausschließlich auf die Signale (1) und (3) anzusprechen und das Empfangsrelais der Station I ausschließlich auf die Signale (2) und (3). Zu diesem Zweck kombinierte Toepler drei unterschiedlich auf die Ströme (1), (2) oder (3) eingestellte Relais – diese sind nunmehr mit Wechselkontakten ausgestattet – so, dass jeweils ein Dreierblock nur auf Strom (1) oder (2)

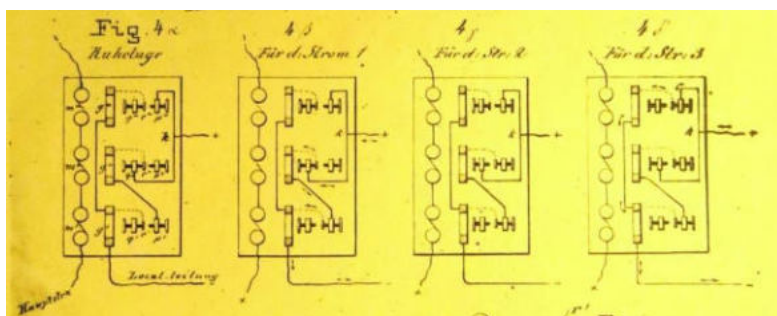


Bild 34:

Toeplers Dreierblocks zur Selektion der Stromamplituden.

Die unscheinbaren vertikalen Striche zwischen den durch Schraube und Mutter gekennzeichneten Arbeits- und Ruhekontakten der Relais stehen für die Kontakt-Zungen der Relais. /Nach „Photogramm“ wie Bild 33/

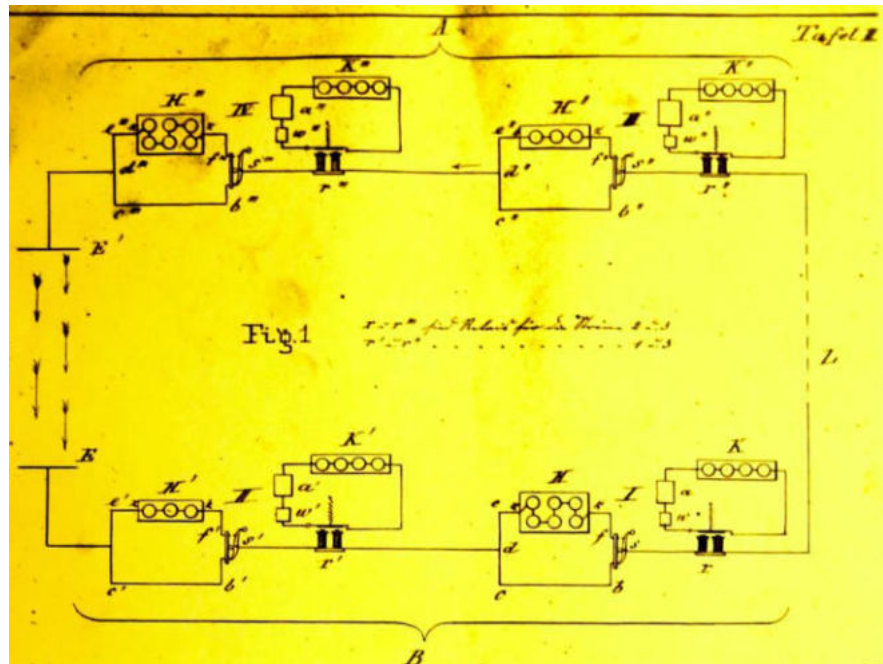
oder (3) reagiert (**Bild 34**). Folgerichtig sind nun Station I mit den Dreierblöcken (2) und (3) und Station II mit den Dreierblöcken (1) und (3) auszustatten.

Angepasst an die damals erwartete Entwicklung erweiterte Toepler das System nach Morse so, dass gleichzeitig zwei Depeschen von Station A (**Bild 35**, oben) nach Station B (unten) oder umgekehrt gehen können, „oder endlich eine Depesche von A ausgehend kreuzt sich mit einer von B ausgehenden.“ Bei Zielstellung, Ausführung und Beschreibung misst sich Toepler mit dem „Gintl’schen System“⁵⁵ und stellt die Überlegenheit seines Vorschlages heraus. Soweit Toeplers Grundprinzip.

Bild 35:

Zwei im Sinne des Toeplerschen Codier-/Decodier-Systems vollständig ausgestattete Stationen A und B, die durch die Leitung L und die Rückleitung Erde (E'-E'') verbunden sind.

Ausschnitt aus dem „Photogramm von Tafel II“ der Originalarbeit nach Max Toepler



Der weitere Teil der Dissertation – und zwar der umfangreichere – befasst sich mit mathematisch angelegten Überlegungen zur Sicherheit und Zuverlässigkeit der von den Codier- und Decodier-Systemen in Anspruch genommenen Amplitudenbereichen und Sicherheitsabständen abhängig von den mechanischen, magnetischen und elektrischen Eigenschaften der Bestandteile des Systems. Toepler zeigt, dass – zumindest im Prinzip – jeder wesentlichen Fehlerquelle mit physikalischen oder konstruktiven Mitteln begegnet werden könnte.

Etwas abstrakter gesehen, hat A. Toepler ein amplitudenbasiertes Code-System erdacht. Bei der Einrichtung der Dreierblocks und deren Kombination bediente er sich Denkweisen der Schaltalgebra, ohne das so benennen zu können (Auch hier werden Toeplers Formulierungen übernommen, ohne sie in die Termini der Schaltalgebra zu überführen).⁵⁶ Damit ging Toepler über die Denk- und Arbeitsweisen der Telegraphentechnik seiner Zeit hinaus – zu weit was die Realisierbarkeit betrifft. Toeplers Gutachter *Snell* anerkannte die Denkweisen Toeplers und

⁵⁵ Zu Gintl siehe [Zetzsche 1877].

⁵⁶ Toepler stand kein ausgearbeitetes Kalkül zur Verfügung. George Booles Buch *The Investigation of The Laws of Thought* war erst wenige Jahre alt. Die Aufbereitung des Inhalts im Sinne einer Schaltalgebra stand noch aus. Die sehr viel allgemeiner angelegte und dem Problem Toeplers noch ferner stehende (bezeichnenderweise in Jena entstandene) *Begriffsschrift* des Privatdozenten Gottlob Freege erschien erst 1879 [Freege 1879].

meinte gegenüber der philosophischen Fakultät: „Die beiliegende umfassende Arbeit über die elektrischen Leitungsgesetze in ihrer Anwendung auf das Telegraphieren ist scharfsinnig und durchaus gründlich. Ich glaube, daß wir in Herrn Toepler einen vorzüglich würdigen Kandidaten der Doctorwürde haben.“⁵⁷

7.3 Toeplers Stimmgabelrufer

Toepler hatte bei seiner Vorführung am 29. Nov. 1877 (siehe Abschn. 7.1) die Schwingungen einer „kräftig magnetisierten Stimmgabel“ mit einer zwischen den Fingern der Gabel angeordneten Induktionsspule abgenommen und auf eine zweite, abgelegene („sympathische“, d.h. gleichgestimmte) Gabel übertragen. Die Anordnung erwies sich als außerordentlich empfindlich. Auf einem Resonanzkörper befestigt, war der Ton der empfangenden Stimmgabel auch dann noch gut wahrnehmbar, als in die Leitung ein Widerstand eingeschaltet wurde, der einen Übertragungsweg von 40 Meilen (!) nachbildete.

Bemerkenswerter ist aus heutiger Sicht, dass Toepler die Kommunikation mehrerer unterschiedlich gestimmter Stimmgabelpaare gleichzeitig und unabhängig voneinander „über ein und dieselbe geschlossene Leitung“ zeigen konnte [Toepler 1878 (a)].



Bild 36:

Das Patent „Elektrische Stimmgabel-Signal-Apparate“ gewährt mit acht Ansprüchen fünfzehn Jahre – gezählt ab dem 24. Februar 1878 – Schutz für die Ausgestaltung der Stimmgabeln als Sender und Empfänger.

Bei der Beantragung wurde Toepler durch den Patentanwalt Ingenieur Carl Pieper, Dresden, vertreten.

/Nach SLUB Dresden, Signatur/Inventur-Nr. 07 4 05357 050 01 11./

Die handschriftliche Urschrift der Patentanmeldung ist fragmentarisch überliefert in TUDA nlaumtoepler (1), Nr. 108 „Elektrische Stimmgabelapparate“.

⁵⁷ Nach TUDA, nlaumtoepler (1), Nr. 7. Dort sind Fotokopien aus der Jenaer Promotionsakte archiviert. Sie entstanden wahrscheinlich im Zusammenhang mit Max Toeplers Ersuchen um eine Abschrift der Dissertation. Die aktuelle Jenaer Akte enthält Snells Gutachten nicht mehr.

Das Überlagerungsprinzip für lineare Systeme war noch nicht vollständig ausformuliert; von Trägerfrequenzsystemen war noch keine Rede. In einem ausführlichen Begehren erlangte er Schutz für die aus seiner Sicht optimale Ausgestaltung der sendenden und empfangenden Stimmgabeln (**Bild 36**).

Der Ausgestaltung des Überlagerungsprinzip, wenn auch technisch noch nicht realisierbar, so doch aber gut für einen dauerhaften Platz im immerwährenden Wissenschaftskalender, wandte sich Toepler nicht zu.

Die in **Bild 37** skizzierte Stimmgabel wird, wenn sie als Sender dient, mit von einer Kurbel *c* bewegten Keilen *k* verspannt. Beim ruckartigen Freigeben induzieren die mitschwingenden Kerne *E* in der Induktionsspule *I* das Sendesignal. Wirkt die Gabel als Empfänger, strahlt der Resonanzkörper – hier beschriftet mit „Fig. 2“ – den Rufton ab. Offenbar gehörten Stimmgabelexperimente – siehe die Stimmgabel in **Bild 37** rechts oben – lange zum Dresdner Lehrstoff in Experimentalphysik.

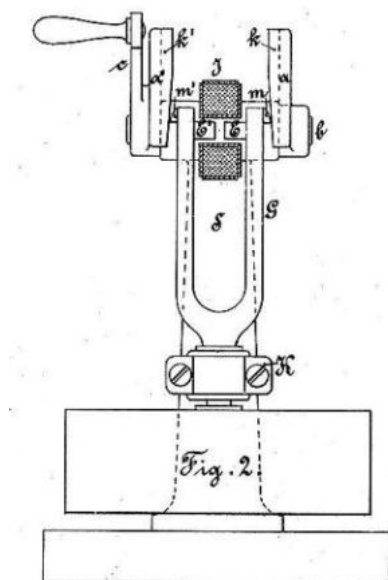


Bild 37: Stimmgabeln

Links eine Stimmgabel nach Toeplers Patent (siehe Bild 36).

Rechts oben eine elektrisch anregbare bzw. als Sender verwendbare Stimmgabel aus der Sammlung der Kustodie der TUD.

Es sei angemerkt, dass sich Toepler, wie viele seiner Physiker-Kollegen, experimentell mit den Hertzschen Wellen auseinandersetzte. Dabei ging es ihm u. a. darum zu zeigen, dass deren Anregung durch die Entladung von Leydener Flaschen gelingt, die ihrerseits von einer leistungsfähigen Influenzmaschine gespeist werden; Hertz hatte bekanntlich einen Funkeninduktor benutzt.

Das schon von Hertz zur Detektion der Wellen benutzte „Fünkchen“ einer Entladungsstrecke nutzte er, um die Entladung einer elektrischen Batterie auf ein Elektroskop einzuleiten. Das kann man als die Nutzung eines Ignitron-Verstärker-Effektes interpretieren. Einen expliziten Hinweis auf die nachrichtentechnische Nutzbarmachung der Hertzschen Wellen finden wir erst im Titel eines späten ISIS-Vortrages [Toepler 1897].

8 August Toeplers mathematische Intentionen ⁵⁸

Toepler hat immer wieder versucht, seine physikalischen und technischen Betrachtungen mathematisch zu hinterfragen bzw. darzustellen und dabei auch mathematisch beachtete Erfolge errungen. Wir finden diesen Zugang schon in seiner Jenaer Dissertation – siehe Abschnitt 7.2 –, wo er die Sicherheit seines Codier-/Decodier-Verfahrens auf anspruchsvolle Weise mathematisch zu fassen suchte.⁵⁹ Auch in seinen Arbeiten zur Influenzmaschine, insbesondere in der der Königlich Preußischen Akademie in Berlin vorgelegten [Toepler 1879 (b)], ging er diesen Weg. Sein offenbar durch seine Studien bei Weierstraß befördertes mathematisches Interesse führte ihn auch zu eigenständigen mathematischen Arbeiten. Wir benennen hier die 1872 der Kaiserlichen Akademie in Wien vorgelegte Betrachtung zur Verallgemeinerung Fourierscher Reihenentwicklungen [Toepler 1872], die er später weiter ausarbeitete [Toepler 1876]. Er zeigte, dass andere periodische Funktionensysteme als Sinus-/Kosinus-Funktionen auch und ggf. effektiver einer Reihenentwicklung zugrunde gelegt werden können. Allerdings musste er sich den dezenten Hinweis seines Freundes Boltzmann gefallen lassen, dass er für das Resultat dieser klug entwickelten Einsicht und Vorgehensweise keine Priorität beanspruchen könne [Boltzmann 1876].

Den Fourierreihen näherte sich Toepler wenig später von ganz anderer Seite: „*Zum Schluss zeigt(e) Herr Prof. Toepler einen Apparat, an welchem sich Functionen, die nach Fourier'scher Entwicklung stark convergiren, bildlich darstellen lassen.*“ Das weisen die Sitzungsberichte der naturwissenschaftlichen Gesellschaft ISIS in Dresden für 1878 aus. Ob es sich dabei um eine weitere Variante der damals populären und verbreiteten mechanischen Konstruktionen zur Bestimmung von Fourier-Koeffizienten handelt, bzw. um die Umkehr einer solchen, bleibt ungewiss. Details ließen sich nicht auffinden. Im Folgejahr berichtete Toepler über „*Galvanometrische Multiplikationsmethoden*“.⁶⁰ Darüber hatte er schon der 51. Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte 1878 vorgetragen.⁶¹ Es ging dabei nicht um rechnende Apparate, sondern um die Erweiterungen einer auf Wilhelm Eduard Weber zurückgehenden Messmethode mit gedämpften rückstellkraft-freien Galvanometern.

August Toepler äußerte sich 1877 zur „*elektrischen Strömung in gekrümmten Flächen*“ [Toepler 1877]. Das war letztlich eine Reaktion auf eine nahezu gleichlautende Publikation Kirchhoffs [Kirchhoff 1875]. Er stellte heraus, dass und wie er schon länger eine Vereinfachung gegenüber der sehr allgemeingültigen Darstellung Kirchhoffs in seinen Vorlesungen gebrauchte, und zwar bei der Herleitung der Gesetze elektrischer Strömungen auf einer Kugel (zwischen zwei Elektroden) aus denen in der Ebene gültigen. Wie es scheint, wird dabei von Toepler implizit das unter Mathematikern bekannte und später in physik- und elektrodidaktischen Schriften und Lehrbüchern herausgestellte Werkzeug der *konformen Abbildungen* benutzt – ohne das so zu benennen.

⁵⁸ Dieser Themenkomplex verdiente eine ausführlichere Würdigung. Aus thematischen aber auch aus Kompetenzgründen beschränken wir uns hier auf der Elektrotechnik nahestehende mathematische Überlegungen Toeplers.

⁵⁹ Ohne diese Ausrichtung hätte er wohl kaum auf ein positives Urteil seines Jenaer Hauptgutachters Karl Snell rechnen können. Snell, Ernst Abbés Lehrer und Schwiegervater, war Mathematiker.

⁶⁰ Siehe [Toepler 1878 (b)] u. [Toepler 1879 (a)].

⁶¹ Nach [Toepler 1878 (c)].

Im Kontrast zur mathematischen Aufgeschlossenheit und Leistungsfähigkeit Toeplers steht seine Stellung zu der noch jungen Methode, komplexe Größen in die Behandlung stationärer periodischer Vorgänge einzubeziehen („*Symbolische Methode*“) ⁶² – jedenfalls wenn wir Max Toeplers Darstellung folgen [M. Toepler 1936]. Dieser berichtete – wir werden auf dessen gelegentlich problematische Sichten noch zurückkommen –, dass sein Vater die Einführung des Imaginären in die Behandlung physikalischer Prozesse als eine „*bis zum Missbrauch gequälte Mathematik*“ betrachtet habe, zumindest aber „*als physikalisch noch unfertig*“.

9 Das Polytechnikum Dresden und die Internationale Ausstellung für Elektrizität 1881 in Paris

Am 22. April 1881 teilte Direktor Gustav Zeuner seinem Kollegen August Toepler mit, dass dieser und der Mechaniker Leuner entsprechend einem Erlass des *Königl. Ministeriums des Cultus und öffentlichen Unterrichts* „beschieden“ seien, die Darstellung des Dresdner Polytechnikums in Paris zu organisieren (**Bild 38**). Für den Fall, dass Toepler selbst reisen würde, stünden tausend Mark zur Verfügung. Leuner musste auf eigene Rechnung agieren. Der in ihrer Art erstmaligen Ausstellung in Paris wurde hohe Bedeutung beigemessen. Ein *Commissar des deutschen Reiches* koordinierte alle Aktivitäten im Kaiserreich; dieser war auch an der Auftragserteilung an Toepler beteiligt.

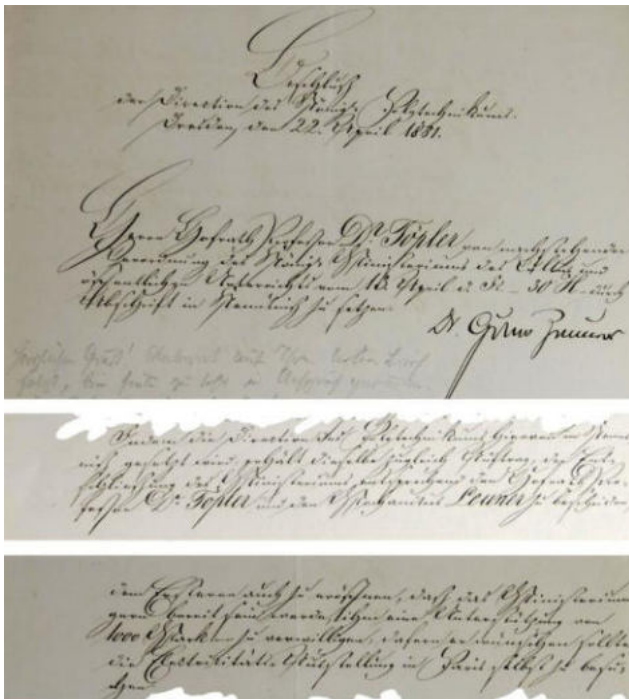


Bild 38:

Beschluß

der Direction des Königl. Polytechnikums
Dresden, den 22. April 1881.

Herrn Hofrath Professor Dr. Toepler von nachstehender Verordnung des Königl. Ministeriums des Cultus und öffentlichen Unterrichts vom 13 April d. Js. durch Abschrift in Kenntnis zu setzen. Dr. Gustav Zeuner

... Indem die Direction des Polytechnikums hiervon in Kenntnis gesetzt wird, erhält dieselbe zugleich Auftrag, der Entschließung des Ministeriums entsprechend den Hofrath Professor Dr. Toepler und den Mechaniker Leuner zu bescheiden,

.... und Ersteren auch zu eröffnen, daß das Ministerium gern bereit sein werde, ihm eine Unterstützung von 1000 Mark zu verwilligen, dafern er wünschen sollte, die Electricitätsausstellung in Paris selbst zu besuchen.

/Nach TUDA, nlaumtoepler (1), Nr. 188, „Unterlagen zur Elektrizitätsausstellung in Paris“/

⁶² [Wunsch 1985] benennt C. P. Steinmetz (1856-1923) als den Entwickler dieser Methode (1889) und verweist auf Zischka 1962]. Steinmetz führte seine zunächst sehr abstrakt entwickelten Vorstellungen 1893 in die Elektrotechnik ein [Steinmetz 1893]. Hierzu siehe auch [Jäger/Heilbronner 2010].

Ob Toepler reiste, ist nicht bekannt; wohl aber die Präsentation von 13 Exponaten im geschätzten Wert von 4400 Mark.⁶³ Gezeigt wurden Influenzmaschinen – die großen und teuren, mit 60 Platten, mit 20 Platten und eine für sehr hohe Spannungen ausgelegte, im Eigentum und offenbar auch auf Rechnung Leuners; kleinere, didaktisch originelle Ausgestaltungen als Besitz des Polytechnikums. Präsentiert wurden auch elektrische Messgeräte mit der von Toepler etablierten regulierbaren Luftdämpfung.⁶⁴ Gezeigt wurden auch vier nachrichtentechnisch angelegte Exponate. Neben dem „Bezirkstelegraph für städtische Sicherheitszwecke“ nach Prof. Eduard Zetzsche, früher Polytechnikum Dresden jetzt Berlin, (Eigentum Leuner, Wert 800 Mark) wurden drei Exponate gezeigt, die sich auf den „Stimmgabel-Rufer“ nach Toepler bezogen (siehe Abschnitt 7).

Ganz offensichtlich wurde der Dresdner Anteil an der vom Kaiserreich und vom Königreich Sachsen gesteuerten Beteiligung an der Pariser Ausstellung wesentlich von Toeplers Ideengut bestimmt. Das wurde auch vom Gastgeberland so wahrgenommen. Die renommierte französische Fachzeitschrift *La Lumière Electrique* berichtete sehr sachkundig in einem mehrseitigen Artikel über den Dresdner Beitrag [Guerout 1881]; genauer gesagt über Toeplers Influenzmaschinen. Herausgestellt wurden eine Weiterentwicklung der 1878 von Toepler vorgestellten Maschine (Bild 18) auf die doppelte Segmentierung und seine 20-Platten-Maschine (Bild 39).

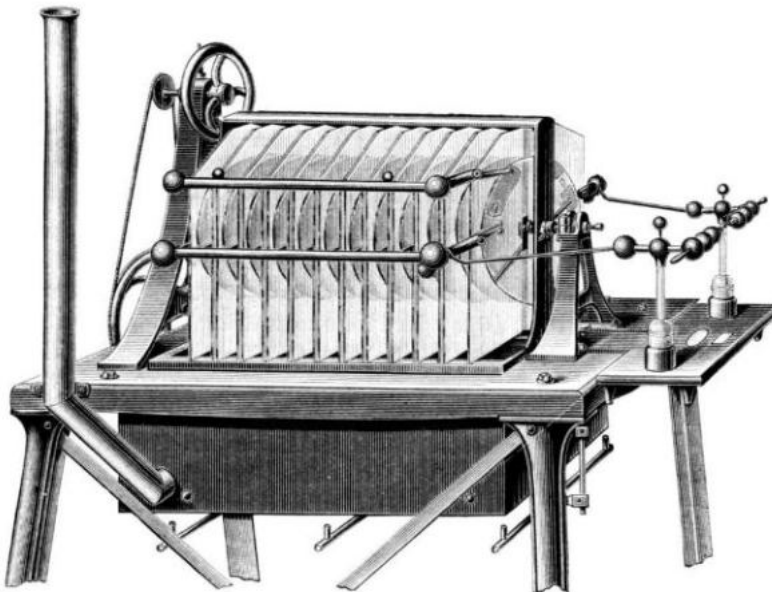


Bild 39:

Eine Vielplattenmaschine nach Toepler wie in [Guerout 1881] herausgestellt.

(Der gleiche Stich ist aus technischen Gründen [Heinke 1902] entnommen.) Es ist anzunehmen, dass von Toeplers 20-Platten-Maschine keine Druckvorlage zur Verfügung stand und deshalb eine bauähnliche Maschine abgebildet wurde.

⁶³ Nach TUDA nlaumtoepler (1), Nr. 188. Die von Toepler bevorzugte 20-Platten-Maschine wurde mit 700 Mark bewertet, Leuners Erweiterung auf 60 Platten mit 1400 Mark; eine einfache Influenzmaschine, diese allerdings mit speziellen Fähigkeiten zur Erzeugung sehr hoher Spannungen ausgestattet, mit 250 Mark.

⁶⁴ Die Einführung der regulierbaren Luftdämpfung ist eine Leistung Toeplers aus seiner Grazer Zeit; hierzu siehe [Toepler 1873]. Diese Technik wurde wenig später als so selbstverständlich wahrgenommen, dass der Name des wissenschaftlichen Begründers, August Toepler, in Vergessenheit geriet.

10 Die Dresdner Jahre

In den Dresdner Jahren kam Toepler immer wieder auf seine Generalthemen zurück. Er hat sie miteinander verwoben und sowohl Methodisches als auch Apparatives herausgestellt. Schlieren-Apparat, -Methode, -Verfahren: kaum ein anderer Terminus ist von Toepler und insbesondere von den von ihm beeinflussten Wissenschaftlern so oft und so bewusst anwendungsbezogen variiert worden.

10.1 Drucklibelle

Angelehnt an eine Temperaturbestimmung schuf Toepler ein Instrument zur Messung von kleinsten Druckdifferenzen, die „*Drucklibelle*“ [Toepler/Hennig 1888] – thematisch anschließend an seine Pumpe zur Erzeugung geringster Drucke. Das Originelle ist nicht die Libelle an sich – tatsächlich ein schwach geknicktes Röhrchen mit einer beiderseits mit Druck beaufschlagten Messflüssigkeit – sondern deren ausgeklügelte Konstruktion, Handhabung und Analyse (**Bild 40**). Die Einbeziehung der wegen der geringen Knickung sehr ausgedehnten Menisken ist bewundernswürdig und letztlich ausschlaggebend für die erreichte Empfindlichkeit und Genauigkeit des Verfahrens.

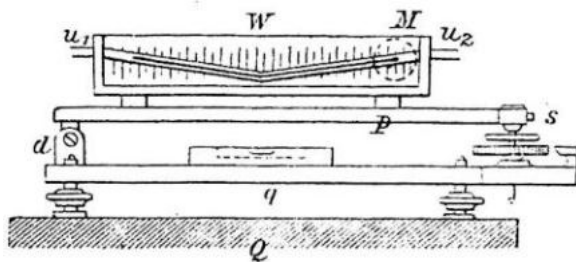


Bild 40:

Drucklibelle nach [Toepler 1895].

Die Schenkel der Libelle - deren Knickung ist stark überhöht dargestellt - werden in einem Wasserbad W auf gleicher Temperatur gehalten. Das Gefäß ist mit Maßstab und Ablesemikroskop M versehen. Das Element s Mitte rechts ist eine feingängige Verstellerschraube zum definierten Kippen der Libelle.

Mit einer Art Kompensationsverfahren beim Ausmessen der Flüssigkeitsverschiebung, dem „Zurückschlagen“ des Theodoliten bei der geodätischen Winkelmessung nicht unähnlich, werden Messfehler, die bei Verwendung einer einfachen statischen Libelle hinzunehmen wären, weitgehend ausgeschaltet. Eine gründliche mathematische Analyse des Instrumentes und der Auswertetechnik, gebunden an eine „*absolute Temperaturbestimmung mittels Messung barometrischer Druckdifferenzen*“, gibt [Toepler 1895]. Diese Methode hatte Toepler schon im November 1894 der naturwissenschaftlichen Gesellschaft ISIS in Dresden vorgestellt. Hallwachs verdichtete und veranschaulichte Toeplers vielschichtige Analysen [Hallwachs 1912]: Mit der Drucklibelle könne man „*die Druckdifferenz, welche das Gewicht von nur 1 cm Luftsäule hervorbringt, ... bis auf 1% genau ... messen*“(!?). Eine weitere Anwendung wird in [Hennig 1893] beschrieben.

10.2 Vorlesungsapparate

Sehr bekannt wurden auch Toeplers Vorlesungsapparate. Wir benennen hier die „Vorlesungsversuche zur Wellenlehre“ [Toepler 1886] und „Toeplers Vorlesungsapparat zur Statik und Dynamik fester Körper“ [Hennig 1888]. Zur erstgenannten Demonstration hatte Toepler eine 88 Meter lange Rohrleitung (etwa 15 mm im Durchmesser) im Institutsgebäude verlegen

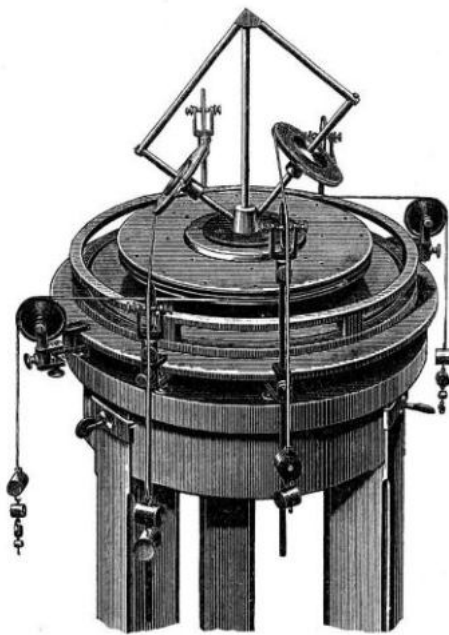


Fig. 1 (1/3 nat. Gr.)

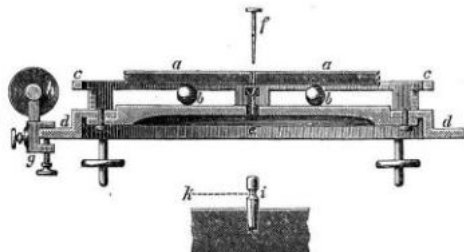


Fig. 2 (1/3 nat. Gr.)

Bild 41: Toeplers Vorlesungsapparat zur Statik und Dynamik starrer Körper (Montage) nach [Hennig 1888].

lassen und dort mit Hilfe eines speziell eingerichteten „Flammenzeigers“ – die Höhe der aus einer Düse austretenden Gasflamme stand für die örtlichen Druckamplitude – das Verhalten niederfrequenter Druckwellen veranschaulicht.

Grundelement des mechanischen Apparates war ein sinnreich konstruierter und präzise gelagerter gusseiserner Drehtisch. Er bot diverse Möglichkeiten und Einrichtungen zur Einkopplung mechanischer Kräfte / Momente und zu deren Kompensation im Sinne der Gleichgewichtssätze der Statik (Demonstration des Parallelogramms der Kräfte usw.) bzw. zur Demonstration und Auswertung dynamischer Effekte (Nachbildung von schiefer Ebene, Pendel usw.) (Bild 41).

10.3 Gasentladungsphysik

Von den vielen populärwissenschaftlichen Äußerungen Toeplers seien zwei Themen, die mit dem Titel dieser Arbeit eng korreliert sind, besonders herausgestellt: ein Vortrag zum aktuellen Stand der Gasentladungsphysik und, damit korrespondierend, die Demonstration der „neuen Art von Strahlen“ des W. C. Röntgen. Dem erstgenannten Thema kommt besondere wissenschaftsgeschichtliche Bedeutung zu, das zweite ist wegen seiner didaktischen und gesellschaftlichen Wirkung berichtenswert.

Am 26. Februar 1880 führte „Herr Hofrath Dr. Töpler ... einem mehrfach geäußerten Wunsche entsprechend (hervorgehoben v. Verfasser) einige der von W. Crookes veröffentlichten Versuche über sogenannte „strahlende Materie“ vor“ [Toepler 1880 (b)]. Der „mehrfach geäußerte Wunsch“ war durch eine massive Initiative des englischen Chemikers und Vakuumtechnikers William Crookes ausgelöst worden. Dieser hatte seine in dem von ihm herausgegebenen Journal *Chemical News* vorgestellten Versuche und Gasentladungsröhren [Crookes 1879 (a)] in einer geschickt aufgemachten und schnell sehr populär gewordenen Darstellung verbreiten lassen. Deren deutsche Fassung hatte der in Freiberg lehrende Professor Heinrich *Gretschel* [Crookes 1879 (b)] unter dem etwas reißerischen Titel

„Strahlende Materie oder der vierte Aggregatzustand“ besorgt. Der Toeplersche Vortrag, bei dem seine Influenzmaschinen und ein offensichtlich beachtlicher Besitz des Polytechnikums an Gasentladungsröhren zur Geltung kamen, stellte klar, dass die mit Crookes' Röhren veranschaulichten Effekte schon Jahre zuvor beschrieben worden waren. Das betraf die von J. Plücker und W. Hittorf mit Hilfe von H. Geißler oder auf dessen Initiative geschaffenen Röhren, insbesondere aber auch den von H. Geißler schon 1876 demonstrierten Effekt, dass Gasentladungen mechanische Impulse ausüben (**Bild 42**).

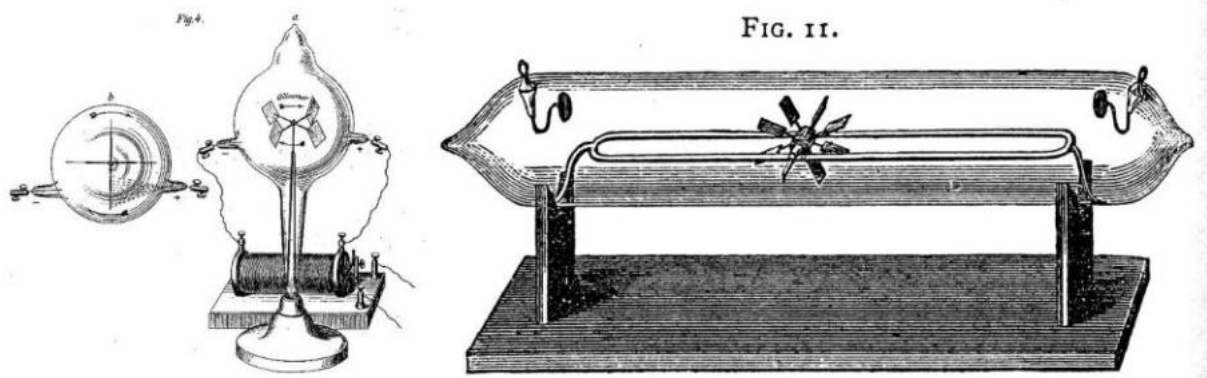


Bild 42: Links das von H. Geißler der 49. Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte 1876 in Hamburg vorgestellte Flügelrad, welches von einer tangential einwirkenden Gasentladung angetrieben wurde.

Rechts das 1879 von Crookes Glasbläser Charles Gimmingham realisierte konkurrierende freilaufende Flügelrad, ebenfalls von einer Gasentladung getrieben. Die publizistische Wirksamkeit des „railway“-Rades nach Crookes/Gimmingham vereinnahmte die historisch frühere Demonstration Geißlers, dass Gasentladungen bewegte Massen mit sich führen. Das Flügelrad nach Geißler wurde 1877 auf Anregung von Friedrich Zöllner vom Geißlerschüler Robert Goetze, beide Leipzig, nachgebaut. Trotzdem wurde es – auch in den Prospekten der direkten Geißlerschüler – später nahezu vergessen; siehe [Dörfel 2014].

Weder Geißlers historische Demonstration noch deren spektakuläre Ausgestaltung nach Gimmingham/Crookes beeinflussten das zeitgenössische Denken unmittelbar. Noch 1883 schrieb Heinrich Hertz, er glaube „bewiesen zu haben, ... daß den Kathodenstrahlen entweder gar keine oder doch nur sehr schwache elektrostatische oder elektrodynamische Eigenschaften zukommen“ [Hertz 1883]. Auch Toeplers Vortrag beschränkte sich auf die (offenbar glänzende) Darstellung des damals kanonisierten Wissens.

Der Titel von Toeplers wissenschaftlicher Auseinandersetzung mit Röntgens Entdeckung – „Bemerkungen zu den Lenard-Röntgenschen Entdeckungen“ [Toepler 1896] – wirkt unter dem Eindruck der später von Philipp Lenard angezettelten Querelen etwas irreführend. Toepler hat Röntgens Entdeckung keineswegs als die mehr oder weniger zufällig gefundene Konsequenz aus den Forschungen Lenards erklärt. Er unterschied, und gemessen am damaligen Wissensstand dies sehr klar, zwischen den von Lenard wissenschaftlich ausführlich untersuchten Kathodenstrahlen – deren Natur als Elektronenstrom war noch nicht erkannt – und der magnetisch nicht beeinflussbaren, vom energiereichen Elektronenstrom erzeugten „neuen Art von Strahlen“ [Röntgen 1895].

Toepler setzte sich in diesem ISIS-Vortrag auch mit dem von der Tagespresse auflagenstark verbreiteten Schlagwort von der „*Photographie des Unsichtbaren*“ auseinander und meinte zu recht, dass darunter – zeitgeschichtlich gesehen – wohl seine Schlieren-Methode zur Sichtbarmachung des Schalls an erster Stelle einzuordnen wäre. Der experimentelle Teil des Vortrags bot Gelegenheit, die Wirksamkeit seiner vielplattigen Influenzmaschinen – sowohl der 20- als auch der 60-plattigen – zu demonstrieren.

Das Programm unterschied sich kaum von dem vergleichbarer Vorträge an anderen prädestinierten Hochschulstandorten: Verdeckte Gegenstände wurden aufgefunden und sichtbar gemachte Skelette vorgezeigt; in Dresden auch das eines Vogels. Dieses hat (möglicherweise) eine etwas makabre Vorgeschichte – jedenfalls aus heutiger Sicht:

Schon am 26. Februar 1896 hatte Toepler, unterstützt von Kollegen und Assistenten, auch von seinem Sohn Max, im Experimentalsaal des Polytechnikums am Bismarckplatz der königlichen Familie, weiteren Mitgliedern des Hofes und den Ministern nebst Gattinnen die neuen Strahlen, deren Erzeugung und deren Wirkung vorgestellt und dafür viel Lob erfahren. Zu den klug aufeinander abgestimmten Experimenten und Erläuterungen des zweistündigen thematisch breit gefächerten Vortrags zählte auch die Durchleuchtung eines Krammetsvogels, offenbar eines lebenden. „*Der Vogel wurde auf eine Kasette gebunden ... [und] eine Viertelstunde den Einwirkungen der Strahlen ausgesetzt.*“⁶⁵ Die Anregungsgeräte Influenzmaschine und Funkeninduktor wurden erklärt und auch Schlierenexperimente vorgeführt; schließlich mussten unumgängliche Unterbrechungen zur Entwicklung der fotografischen Röntgenaufnahmen überbrückt werden.

10.4 Ehrungen und Auszeichnungen

Toepler erfuhr viele Ehrungen und Auszeichnungen, die er auch dankbar genoss. Er wurde als Korrespondierendes Mitglied in die Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften zu Wien (1874, **Bild 43**), die Königlich Preußische Akademie der Wissenschaften zu Berlin (1879) und die Bayrische Akademie der Wissenschaften (1896) berufen.

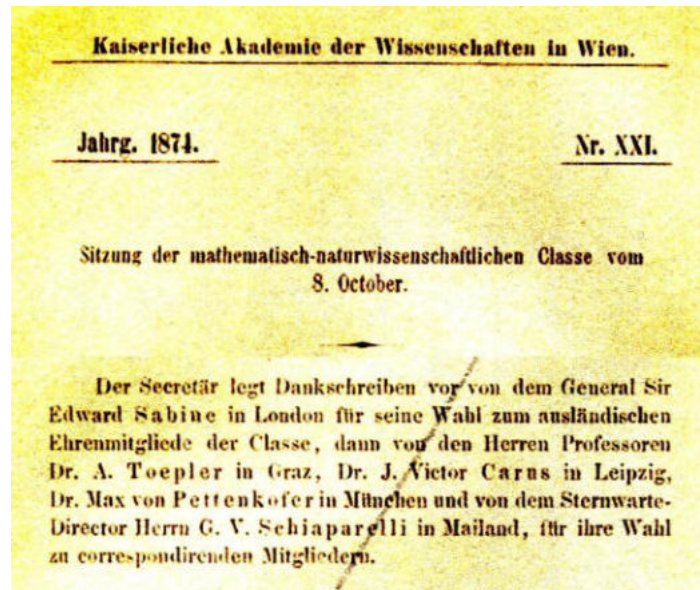
Er war Mitglied der Leopoldina (1879) und der Königlich Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig (1885). Er wurde in Dresden zum Hofrat ernannt (1878), zum Geheimen Hofrat (1884) und schließlich zum Geheimen Rat (1906). Auch wenn manche dieser Ehrentitel gewissermaßen zur Karriere gehörten – ihr Ausbleiben wäre einer Missbilligung gleichgekommen –, zeigt die Gesamtheit der Ehrungen doch die außergewöhnliche Wertschätzung an, die Toepler erfuhr. Die Universität Heidelberg verlieh Toepler 1886 den Ehrentitel Dr. med. h.c.; seine langjährige Wirkungsstätte in Dresden, nunmehr eine Technische Hochschule, ernannte ihn 1905 zum Dr.-Ing. E. h.; dies mit Verweis auf seine Influenzmaschinen, die Schlierenmethode und die Drucklibelle.⁶⁶

⁶⁵ Nach TUDA nlaumtoepler (1), Nr. 226 „Offizieller Bericht über eine Experimentalvorlesung A. Toeplers vor dem Königshaus“; handschriftlich. Unter Nr. 290 wird eine von A. Toepler beschriftete Röntgenaufnahme eines Krammetsvogels aufbewahrt: „Unter meiner Leitung 1896 von J. Freiberg und M. Toepler ... gefertigt. ...“. Nähere Datierungen und ein Bezug zu Nr. 226 fehlen. Diese Aufnahme zeigt keine Hinweise auf eine Fixierung des Vogels während der Aufnahme.

⁶⁶ Hierzu siehe TUDA nlaumtoepler (1), Nr. 229 „Notizen von M. T. mit Angaben über die Mitgliedschaften A. Toeplers in verschiedenen Vereinen.“

Bild 43:

Anzeiger der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften zu Wien (Auszug): August Töpler bedankt sich für seine Ernennung zum Korrespondierenden Mitglied. Das war A. Toeplers erste größere akademische Würdigung im Professorenamt.



Der Nachdruck seiner frühen Arbeiten zur Schlierenmethode in *Ostwalds Klassikern* 1906 war eine Ehrengabe zum 70. Geburtstag. 230 Persönlichkeiten, darunter 180 Fachkollegen aus dem In- und Ausland, stifteten aus gleichem Anlass ein von Peter Pöppelmann geschaffenes Portraitrelief (Bild 44).⁶⁷



Bild 44:

Portraitrelief; geschaffen von Peter Pöppelmann aus Anlass des 60. Geburtstages von August Toepler, gestiftet von 230 Persönlichkeiten.

Es hing bis 1945 im Treppenhaus der Technischen Hochschule am Bismarckplatz und ist heute, restauriert, im Recknagel-Bau der TU Dresden aufgestellt.

Das Portraitmedaillon wurde für Toeplers Grabmal nachgestaltet; siehe Bild 1.

/Foto: Dörfel/

⁶⁷ Nach einer von W. Hallwachs gezeichneten Verlautbarung des Ausschuss(es) für die Toeplerehrung; TUDAnlaumtoepler (1), Nr. 280-293.

Sehr berührt hat den schon schwerkranken Wissenschaftler die Feier seines goldenen Doktorjubiläums 1910. Die mit viel Freude entgegengenommene ausführliche Glückwunschartikel der Berliner Akademie hatte Emil Warburg verfasst. Jener Warburg, dessen Bemerkungen zu McLeods Kompressionsmanometer und Toeplers Vakuumpumpe Letzteren vor Jahren so verstimmt hatten.⁶⁸

Nicht alle Berufungen und Mitgliedschaften waren nur Ehrenbezeichnungen. Manche zogen handfeste Aufgaben nach sich.

10.5 August Toepler und der Berliner Elektrotechnische Verein

Im Frühjahr 1880 wurde Toepler Mitglied des Elektrotechnischen Vereins in Berlin (**Bild 45**). Er gehört damit zu den frühen Mitgliedern. Dieser Verein ging auf eine Initiative des Werner (von) Siemens zurück und hatte sich 1879 etabliert. 1893 schlossen sich der Berliner Elektrotechnische Verein und weitere inzwischen entstandene lokale Vereine zum VDE zusammen.⁶⁹ Wir sehen hier schon sehr früh die institutionelle Kooperation von Energie- und Nachrichtentechnik verwirklicht.

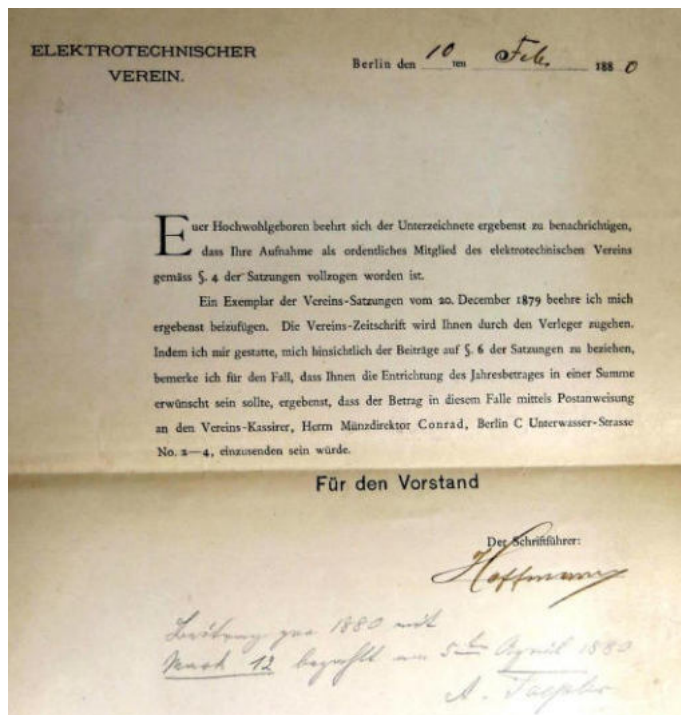


Bild 45:

Aufnahmeurkunde in den ETV Berlin.

Die Mitgliedschaft war nicht billig; der Jahresbeitrag betrug 20 Mark. Der von A. Toepler unten angemerkte Beitrag von 12 Mark entsprach einer statutengemäßen Vergünstigung, die den außerhalb von Berlin und Umgebung wohnenden Mitgliedern gewährt wurde und wohl die Mehraufwendungen für eine aktive Teilnahme am Vereinsleben anerkennen sollte.

/TUDA nlaumtoepler (1), Nr. 177 „Provenienz Nachlaß A. u. M. Toepler“/

Der Generalpostmeister Heinrich (von) Stephan unterstützte (oder initiierte?) die Bemühungen von Siemens und stand dem Verein als Ehrenvorsitzender zur Verfügung. Die wissenschaftliche Zeitschrift des Berliner Vereins, die *Elektrotechnische Zeitschrift (ETZ)*, erschien ab 1880 und wurde vom Telegraphentechniker und (ehemaligem) Dresdner Hochschullehrer K. Ed. Zetzsche redigiert. Die Mitgliedschaft im Verein war Ausdruck hoher fachlicher Anerkennung – und Erwartung!

⁶⁸ Siehe Kapitel 4. „Toeplers Vakuumpumpe“, dort Abschn. 4.3.

⁶⁹ Zur Geschichte des VDE siehe [Dittmann u.a. 2021].

Im Jahre 1885 setzte dieser Verein aus wirtschaftlich sehr naheliegenden Gründen einen Ausschuss für „*Untersuchung über Blitzgefahr und Blitzschutz*“ ein. Mitglieder waren u. a. Siemens, *Helmholtz*, *Holtz* und eben *Toepler*. Dessen Berufung war folgerichtig. Wenn wir einer Einschätzung Kirchhoffs folgen [Hübner 2010], steht August Toepler für den Beginn der *wissenschaftlichen* Bearbeitung dieses Problemkreises. Dies mit Blick auf dessen Aufsatz [Toepler 1884]; dort hatte Toepler den von Siemens anhand eines Modellversuchs 1880 publizierten Betrachtungen⁷⁰ einen realitätsnäheren Großversuch gegenübergestellt. *Holtz* hatte sich mit einer Auseinandersetzung mit den Vorläufern der aktuellen Blitzschutzdiskussion als sachkundig ausgewiesen [Holtz 1883 (b)]. Die Dresdner Administration reagierte etwa zeitgleich mit einer *Gemeinfaßliche(n) Belehrung* auf dieses wichtige Thema [N. N. 1884]. Herausgeber war die Königlich Sächsische technische Deputation, deren Mitglied Toepler war.⁷¹ Einer späteren Auflage (1901) waren sieben „Leitsätze des Elektrotechnischen Vereins über den Schutz der Gebäude gegen den Blitz“ vom 23. April 1901 beigefügt. Die Aufgabenstellung ist heute unverändert aktuell. Im VDE arbeitet ein Ausschuss „Blitzschutz + Blitzforschung“ und im VDE Dresden e.V. ein Arbeitskreis „Blitzschutz“.

10.6 Persönliches

Biographische Publikationen stellen übereinstimmend Toeplers zeichnerisches Talent heraus und verweisen darauf, dass dieses im jugendlichen Alter zu manchem Zuverdienst geführt habe – z. B. durch Arbeiten für Baubüros. Toepler ist dieser künstlerischen Neigung auch im höheren Alter nachgegangen (**Bild 46**).



Bild 46: August Toepler, Gottleuba 1884 (heute Bad Gottleuba, gelegen im Grenzgebiet Osterzgebirge / Sächsische Schweiz). Nach einem 1881 eröffneten Skizzenbuch der Familie Toepler. Offenbar war Toeplers Frau Olga ähnlich begabt. Darauf weisen in diesem Buch festgehaltene Skizzen von ihrer Hand hin. /TUD Kustodie/

⁷⁰ Toeplers unscharfes Zitat meint [Helmholtz/Kirchhoff/Siemens 1880]. In einem dort enthaltenen Gutachten vom 12. Juni 1879 („Auf Veranlassung des vorgeordneten Königl. Ministeriums erstattet.“) ist auf S. 749 der von Siemens ausgeführte Versuch beschrieben.

⁷¹ Max Toepler ordnete diese Schrift seinem Vater zu: „Verfasst von August Toepler, ohne Namensnennung, unter Mitwirkung von Weinhold in Chemnitz.“ Nach TUDA nlaumtoepler (1), Nr. 228 „Verzeichnis der wissenschaftlichen Aufsätze von A. T. mit Vermerken zu ihrer Aufbewahrung angefertigt von Max T.“. Diese Schrift beschreibt sehr viele technische Details und Bauelemente von Blitzschutzanlagen, sodass M. Toeplers Zuordnung möglicherweise zu eng gefasst ist.

Die aus Familienbesitz überlieferte Persiflage (Bild 47) spricht für Toeplersche Selbstironie. Der Schöpfer ist nicht bekannt. Der Mann links trägt unverkennbar Züge August Toeplers.⁷²



Bild 47:

Persiflage aus dem Besitz der Familie Toepler. Möglicherweise stammt die Zeichnung aus der Feder von August Toepler.

Zur Provenienz siehe FN 72.

Die Kustodie der TU Dresden verfügt neben vielen anderen Exponaten aus Toeplers Besitz auch über ein damals sicher ziemlich wertvolles astronomisches Fernrohr (Bild 48).



Wir finden keinen Hinweis darauf, dass Toepler dieser astronomischen Liebhaberei ein wissenschaftliches Mäntelchen umgehängt hat. Auch das gehört zum Bild dieses vielseitig tätigen und künstlerisch begabten Naturwissenschaftlers und Technikers.

Ausgangs des 19. Jahrhunderts wurde es ruhiger um A. Toepler. Gesundheitliche Probleme, u. a. hervorgerufen durch den jahrelangen und intensiven Umgang mit Quecksilber, hatten ihm schon vor seiner vorgezogenen Emeritierung im Jahre 1900 Zurückhaltung auferlegt. Das betraf auch sein früher sehr intensives Engagement für die naturwissenschaftliche Gesellschaft ISIS [Helm 1912].

August Toepler starb am 6. März 1912.

Bild 48: Astronomisches Fernrohr aus dem Besitz August Toeplers; Kustodie der TU Dresden. /Foto: TUD Kustodie/

⁷² Das Blatt war Bestandteil des in 1950er Jahren von Max Toepler an die TH übergebenen Konvoluts und ist heute in das digitalisierte Typoskript der Dissertation August Toeplers eingefügt. Dazu siehe Abschnitt 7.2 dieser Arbeit.

11 Schlussbemerkungen

Die hier vorgelegte Arbeit ist erkennbar der Geschichte von Forschungsgegenständen gewidmet, die von August Toepler gestaltet oder zumindest angeregt und mitgestaltet wurden – also weniger der Persönlichkeit Toeplers und seiner Lebensumstände. Ungeachtet dessen bilden sich in Toeplers Zugriff auf diese Forschungsgegenstände wesentliche Persönlichkeitsmerkmale ab. Insofern ist die Beachtung diesbezüglicher Quellen unverzichtbar.

Sehen wir von den gut zugänglichen und notwendigerweise kurz gefassten lexikalischen Beiträgen ab – Wikipedia u. Deutsche Biographie, beide online, [Petschel 2003], Frank Dittmann u. Klaus Mauersberger in [Mauersberger 2011] u. a. – so sind das aus Sicht dieser Arbeit [Hallwachs 1912], [Schoepf 1987] und [Toepler, M. 1936].⁷³ Die beiden erstgenannten Beiträge sind hoch zu schätzende literarische Dokumente zur Bewertung Toeplers vor dem Hintergrund seiner Zeit und im Geist der Zeit der Autoren. Und eben letzteres wirft Fragen auf bei der Wertung der von Max Toepler vorgelegten Biographie seines Vaters August Toepler. Max Toepler meinte anmerken zu müssen, dass sein Vater „gemäßigt antisemitisch“ eingestellt gewesen sei, u. a. wegen der „Verjudung“ der deutschen Hochschulen. Ob das ein Anbiedern war an oder ein Abgrenzen gegen den 1936 schon nicht mehr *gemäßigt* antisemitischen Zeitgeist, muss hier offenbleiben. Und er gab ohne erkennbaren Grund seinem aufschlussreichen Text kommentarlos eine stilisierte Skizze zur Kopfform August Toeplers mit Angaben zur Augen- und Haarfarbe bei, die wohl den damals gängigen rassenkundlichen Regeln folgend die Reinrassigkeit bzw. die nicht-semitische Abstammung August Toeplers belegen sollte.⁷⁴

August Toeplers Ärger über einige (heute nicht mehr ohne weiteres interpretierbare) Vorgänge an der Universität Graz⁷⁵, welcher seinen Weggang nach Dresden möglicherweise beförderte, war nach Max Toepler ein „gesteigertes nationales Mißbehagen“. Aber letztlich sagen Max Toeplers teilweise pointierten und teilweise wohl auch überzogenen Darstellungen kaum mehr aus, als dass August Toepler jenseits seines außergewöhnlichen Formats als Wissenschaftler ein typisches Kind seiner Zeit war.⁷⁶

Die von Max Toepler 1936 getroffenen Aussagen zur Dissertation seines Vaters sind in fachlicher Hinsicht problematisch. Das wechselseitige und ggf. gleichzeitige Anwählen von mehreren Telegraphenstationen mit unterschiedlichen (Stimmgabel-) Tonfrequenzen war eben *nicht* Gegenstand der Dissertation A. Toeplers 1860, sondern Thema eines Vortrages vor

⁷³ Nicht unerwähnt bleiben soll in diesem Zusammenhang auch die von A. Witting, Herausgeber der Bände 157 u. 158 der Reihe *Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften*, im Band 157, Leipzig 1906, gegebene Würdigung von Leistung und Persönlichkeit Toeplers.

⁷⁴ Wir benennen hier als Merkmalkatalog das Standardwerk [Günther 1928]. Günther war zur genannten Zeit nach Lehrertätigkeit in Dresden und Lehrtätigkeit an der Universität Jena (1930-1935) ord. Prof. für Rassenkunde, Völkerbiologie und ländliche Soziologie an der Universität Berlin.

⁷⁵ Anlässlich des Besuchs eines Verwandten des österreichischen Kaisers, des Habsburgers Don Carlos, kam es in Graz zu Reibereien, an denen auch deutsche Studenten beteiligt waren. Hinweise darauf finden sich bei [Toepler, M. 1936] und [Hallwachs 1912].

⁷⁶ Zur zwiespältigen Haltung Max Toeplers während des Dritten Reichs und zu dessen problematischer Beurteilung der Verhältnisse in der Weimarer Republik siehe [Lienert 1999].

der naturforschenden Gesellschaft ISIS in Dresden 1877. Diese Verwechslung und Vermengung ist insofern verwunderlich, als Max Toepler die von ihm 1912 in Auftrag gegebene Abschrift der in Jena handschriftlich hinterlegten Dissertation August Toeplers recht gut kannte. Das Typoskript trägt mehrere handschriftliche Anmerkungen Max Toeplers zu Kopierfehlern; die beigefügten „Photogramme“ der handschriftlichen Abbildungen stammen von Max Toepler bzw. wurden von ihm veranlasst. Ganz offensichtlich hatte Hallwachs diese Abschrift (oder das Original?) gesehen. Seine Bemerkungen zur Doktor-Dissertation Toeplers [Hallwachs 1912] sind jedenfalls die einzigen, die in der nachweisbaren Literatur den Inhalt zutreffend – aber anlassbedingt sehr stark verkürzt – beschreiben.⁷⁷

Die wissenschaftliche Produktivität August Toeplers ist bewundernswürdig und in einer notwendigerweise beschränkten Publikation kaum vollständig zu erschließen. Vielleicht regen hier dargestellte Gesichtspunkte weitere Zugänge zur Problematik mit anderen Schwerpunktsetzungen an.

Danksagung

Bei der Erarbeitung dieser Betrachtung und bei den diesbezüglichen Recherchen erfuhr ich wirksame Unterstützung von vielen Institutionen und Personen. Hervorheben möchte ich Frau *Wiese* und Herrn Dr. *Lienert* vom Archiv der TU Dresden, Frau *Schellbach* und Herrn *Stern* von der Staats-, Landes- und Universitätsbibliothek Dresden (SLUB), Herrn Dr. *Zaun* von der Kustodie der TU Dresden und Herrn *Dudec* vom Archiv der Friedrich-Schiller-Universität Jena.

Viele meiner Kollegen vom Arbeitskreis „Geschichte der Elektrotechnik“ des VDE Dresden e.V. haben diese Arbeit mit Anregungen begleitet. Mancher redaktionelle Hinweis von Herrn Dr. Hartmut Bauer ist der Darstellung des Sachverhalts sehr zugute gekommen. Herrn Dr. Bauer ist auch die Zusammenstellung und Einfügung des Personenregisters zu danken. Herr Dr. Frank *Dittmann*, Kurator am Deutschen Museum München, steuerte viele Hinweise und Quellen bei – eine nicht nur unter Pandemie-Bedingungen unschätzbare Hilfestellung. Mein Freund Dr. Ernst *Weihreter*, Berlin, war ein kritischer, geduldiger und konstruktiver Diskussionspartner. Ihnen allen und auch den ungenannten Unterstützern danke ich herzlich.

⁷⁷ Die Auseinandersetzung mit August Toepler, seinen wissenschaftlichen Leistungen und seiner Persönlichkeit, macht gelegentliche Kollisionen mit von Max Toepler verbreiteten Darstellungen unvermeidlich. Es ist aber nicht das Ziel dieser Publikation, dieses Problemfeld vollständig auszuleuchten.

12 Zitierte Literatur, chronologisch geordnet

Aus wissenschaftshistorischen Gründen und im Gegensatz zu wissenschaftlich-technisch orientierten Publikationen wird die in Anspruch genommene Literatur trotz gelegentlicher Redundanzen hier unverkürzt zitiert. Deren chronologische Auflistung folgt dem gleichen Motiv.

Meyer, W. H.: Beobachtungen über das geschichtete Licht sowie über den merkwürdigen Einfluss des Magneten auf dasselbe nebst Anleitung zur experimentellen Darstellung der fraglichen Erscheinungen. *Verlag von Julius Springer, Berlin 1858.*

Toepler, A.: Vorschlag zu einer neuen Methode vermittelt eines einzigen Leitungsdrahtes zwei oder mehrere Depeschen gleichzeitig in der derselben oder in entgegengesetzter Richtung zu befördern. Diss. Jena **1860 (a)**. Abschrift. Hrsg. Max Toepler (1912). *Sächsische Landesbibliothek – Staats- und Universitätsbibliothek Dresden (SLUB), Digitale Sammlungen, Signatur 07 4 05357 004 01 0 1.*

Toepler, A.: Der Phosphor in den Fetten einiger landwirthschaftlicher Culturgewächse. *Landwirthschaftliche Mittheilungen, Zeitschrift der Königlichen Höheren Landwirthschaftlichen Lehranstalt und der damit vereinigten Landwirthschaftlichen Versuchsanstalt zu Poppelsdorf*, 3. Heft **1860 (b)**, 116-126.

Toepler, A.: Ueber eine einfache Barometer-Luftpumpe ohne Hähne, Ventile und schädlichen Raum. *Dinglers Polytechnisches Journal* 163 (**1862**), 426-432, Tab. VI.

Toepler, A.: Beobachtungen nach einer neuen optischen Methode: ein Beitrag zur Experimentalphysik. *Verlag von Friedrich Cohen, Bonn 1864.* Nachgedruckt in *Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften Bd. 157*, Leipzig 1906.

Toepler, A.: Ueber die Erzeugung einer eigenthümlichen Art von elektrischen Strömen vermittelt eines Influenz-Elektrometers. *Poggendorffs Annalen der Physik und Chemie* 125 [201]* (**1865**), 469-496, Tafel V.

*Die hier und ff. in [] gesetzte Bandangabe zählt unabhängig von den Herausgebern der *Annalen* über die gesamte Reihe.

Holtz, W.: Ueber eine neue Elektrisirmaschine. *Poggendorffs Annalen der Physik und Chemie* 126 [202] (**1865**), 157-171, Tafel I.

Toepler, A.: Vergleichende Versuche über die Leistung der Influenz-Maschine mit und ohne Metall-Belegung. *Poggendorffs Annalen der Physik und Chemie* 127 [203] (**1866**), 177-198, Tafel III.

Holtz, W.: Ueber eine neue Elektrisiermaschine. *Poggendorffs Annalen der Physik und Chemie* 127 [203] (**1866**), 320-327, Tafel IV, Fortsetzung von *Pogg. Ann.* 126 [202] (1865), 157.

Toepler, A.: Über die Methode der Schlierenbeobachtung als mikroskopisches Hilfsmittel, nebst Bemerkungen zur Theorie der schiefen Beleuchtung. *Annalen der Physik und Chemie* 127 (**1866**) (a), 556-580, Tafel VI. Nachgedruckt in *Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften Bd. 158*, Leipzig 1906.

Toepler, A.: Vibroskopische Betrachtungen über die Schwingungsphasen singender Flammen (der chemischen Harmonica) mit Benutzung des Schlierenapparates. *Annalen der Physik und Chemie* 128 (**1866**) (b), 128-139, Tafel V.

Toepler, A.: Optische Studien nach der Methode der Schlierenbeobachtung. *Annalen der Physik und Chemie* 131 (1867), 33-55, Tafel I. Nachgedruckt in *Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften, Bd. 158*, Leipzig 1906.

Holtz, W.: Ueber die höhere Ladung isolierender Flächen durch Seitenanziehung und die Uebertragung dieses Principis auf die Konstruktion von Influenzmaschinen. *Poggendorffs Annalen der Physik und Chemie* 130 [206] (1867), 128-137, Tafel II.

Siemens, W.: Ueber die Umwandlung von Arbeitskraft in elektrischen Strom ohne Anwendung permanenter Magnete; (Vorläufige Anzeige aus d. Monatsber. d. K. Akad. d. Wiss. zu Berlin, Januar 1867). *Poggendorffs Annalen der Physik und Chemie* 130 [206] (1867), 332-335.

Holtz, W. / Poggendorff, Ch.: Zwei ältere Influenzmaschinen in neuer Gestalt. *Poggendorffs Annalen der Physik und Chemie* 136 [212] (1869), 171-173, Tafel V.

Toepler, A. / Boltzmann, L.: Ueber eine neue optische Methode, die Schwingungen tönender Luftsäulen zu analysiren. *Poggendorffs Annalen der Physik und Chemie* 141 [217] (1870), 321-352; Tafel IV.

Toepler, A.: Vorläufige Bemerkung über eine verallgemeinerte Zerlegung der schwingenden Bewegungen in periodische Componenten. *Anzeiger der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften (in Wien), Mathematisch-Naturwissenschaftliche Classe, IX (1872) Nr. X*, 64-68.

Toepler, A.: Ueber einige Anwendungen der Luftreibung bei Messinstrumenten.
1. Regulirbare Luftdämpfung für Magnetstäbe, Spiegelgalvanometer, Drehwagen ect.
2. Spiegellibelle mit regulirbarer Luftdämpfung. *Anzeiger der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften. Mathematisch-Naturwissenschaftliche Classe X (1873) Nr. XVII*, 106-111.
Erschienen auch als

Toepler, A.: Ueber einige Anwendungen der Luftreibung bei Meßinstrumenten. *Poggendorffs Annalen der Physik und Chemie* 149 [225] (1873), 416-421.

Langer, P. V.: Ein Beitrag zur Theorie der periodischen Wärmebewegung. *F. W. Jungfer's Buchdruckerei, Breslau 1875 (a)*.

Langer, P. V.: Über die Wärmebewegung in einer homogenen Kugelschale deren Grenzen mit der Zeit veränderliche Temperaturen besitzen. *Druck von Ed. Frommann, Jena 1875 (b)*.

Rossetti, F.: Neue Studien über die Ströme der Elektrirmaschinen. *Poggendorffs Annalen der Physik und Chemie* 154 [230] (1875), 507-522.

Toepler, A.: Notiz über eine bemerkenswerthe Eigenschaft der periodischen Reihen. *Anzeiger der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften (in Wien), Mathematisch-Naturwissenschaftliche Classe, XII (1876) Nr. XXVI-XXVII*, 205-209.

Boltzmann, L.: Notiz ... (keine Überschrift). *Anzeiger der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften (in Wien), Mathematisch-Naturwissenschaftliche Classe, XIV (1877) Nr. II*, 10-11.

Zetzsche, K. E.: Handbuch der elektrischen Telegraphie. Erster Band: Geschichte der elektrischen Telegraphie. *Verlag von Julius Springer, Berlin 1877*.

Zetzsche, K. E.: Das Telephon und seine Anwendung in der Telegraphie. *Sitzungsberichte der naturwissenschaftlichen Gesellschaft ISIS in Dresden 1877*, 139-140, Dresden 1878.

Toepler, A.: Mittheilung über die Benutzung der Stimmgabel als magneto-electrischer Inductions-Apparat. *Sitzungsberichte der naturwissenschaftlichen Gesellschaft ISIS in Dresden 1877*, 141-142, Dresden **1878 (a)**. Vorangestellt (S. 140-141) sind Bemerkungen des Leiters der Sitzung v. 29. Nov. 1877 über Toeplers Vortrag zum gleichen Thema.**

**Wir werden hier und ff., um den Zusammenhang zwischen Toeplers Themen und Aktivitäten durchgängig darstellen zu können, nicht die Herausgeber, Sitzungsleiter oder Kommentatoren der jeweils zitierten Berichte benennen, sondern den Verursacher Toepler. Der bibliographische Zusammenhang ergibt sich aus dem Kontext.

Toepler, A.: Der Vors. Fränkel stellt Toeplers Fourier-Apparat vor (nicht überschrieben.). *Sitzungsberichte der naturwissenschaftlichen Gesellschaft ISIS in Dresden 1878*; Section für reine und angewandte Mathematik, Dritte Sitzung am 6. Juni 1878, 55; Dresden **1878 (b)**.

Toepler, A.: Eine Bemerkung über Galvanometrie. *Tageblatt der 51. Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte 1878 (c) in Cassel*, 140-141. Dort auch eine nicht überschriebene Notiz über die der Naturforscherversammlung vorgeführte Influenzmaschine.

Toepler, A.: Galvanometrische Multiplikationsmethoden. *Sitzungsberichte der naturwissenschaftlichen Gesellschaft ISIS in Dresden*, **1879 (a)**; Section für reine und angewandte Mathematik, Dritte Sitzung am 6. März 1879, 67.

Toepler, A.: Über die Vervollkommnung der Influenzmaschine. *Sitzungsberichte der Königlich Preuss. Akad. d. Wissenschaften 1879 (b)*, Gesamtsitzung v. 11. Dezember 1879, 950-980.

Freege, G.: Begriffsschrift, eine der arithmetischen nachgebildete Formelsprache des reinen Denkens. *Verlag von Louis Nebert, Halle 1879*. Neu herausgegeben von I. Angelelli als Gottlob Freege: Begriffsschrift und andere Aufsätze. *Georg Olms Verlag, Hildesheim, Zürich, New York* ²2020.

Crookes, W.: On Radiant Matter. *The Chemical News and Journal of Physical Science* 40 (1879) **(a)**, 91-104, 104-107.

Crookes, W.: Strahlende Materie oder der vierte Aggregatzustand. Hrsg. v. H. Gretschel, *Verlag von Quandt und Händel, Leipzig 1879 (b)*.

Toepler, A.: Zur Kenntnis der Influenzmaschine. *Elektrotechnische Zeitschrift* 1 (Febr. **1880 (a)**), 56-60.

Toepler, A.: Vortrag über „strahlende Materie“. *Sitzungsberichte der naturwissenschaftlichen Gesellschaft ISIS*, Jahrgang **1880 (b)**, 43-44, Dresden 1881.

Siemens, W.: Die Elektrizität im Dienste des Lebens. *Elektrotechnische Zeitschrift* 1 (**1880**), 16-23.

Helmholtz, H. / Kirchhoff, G. / Siemens, W.: Über die Anlage von Blitzableitern. *Monatsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin*. Aus dem Jahre 1880. Verlag der Königl. Akademie der Wissenschaften, Berlin **1881**.

Bessel-Hagen, E.: Ueber eine neue Form der Toepler'schen Quecksilberluftpumpe und einige mit ihr angestellte Versuche. *Wiedemanns Annalen der Physik und Chemie* 12 [248] (**1881**), 425-445, Tafel III.

Guerout, A.: Les Machines Toepler. *La Lumière Electrique* No. 58 (**1881**), 98-101.

Toepler, A.: Influenzmaschine und Induktorium. *Elektrotechnische Zeitschrift* 3 (Okt. **1882**), 366-373.

Hertz, H.: Versuche über die Glimmentladung. *Wiedemanns Annalen der Physik und Chemie* 19 [255] (**1883**), 782-816.

N. N.: Wimshursts Duplex Induction Machine. *Engineering* (Jan. 5, **1883**), 3-4.

Holtz, W.: Ueber Influenzmaschinen mit zwei entgegengesetzt rotirenden Scheiben. *Centralblatt für Elektrotechnik* 5 (1883) (a) Nr. 31, 683-688.

Holtz, W.: Ueber einen Mittelweg zwischen dem Franklin'schen und dem Melsens'schen Blitzableiter-system. *Centralblatt für Elektrotechnik* 5 (1883) (b) Nr. 31, 706-709.

Dr. **Borns:** Die Influenzmaschinen von Wimshurst. *Elektrotechnische Zeitschrift* 5 (Aug. 1884), 329-334.

Toepler, A.: Ueber einige Experimente zur Blitzableiterfrage. *Elektrotechnische Zeitschrift* 5 (Juni 1884), 246-251.

N. N.: Gemeinfaßliche Belehrung über die zweckmäßige Anlegung von Blitzableitern. Hrsg. im Auftrag des Königl. Sächs. Ministeriums des Inneren von der Königl. Sächs. technischen Deputation. *Buchdruckerei F. Lommatzsch, Dresden 1884.*

Toepler, A.: Ueber einige Vorlesungsversuche zur Wellenlehre. *Annalen der Physik und Chemie* N. F. 28 [264] (1886), 447-453, Tafel IV.

Toepler, A. / Hennig, R.: Magnetische Untersuchung einiger Gase. *Wiedemanns Annalen der Physik und Chemie* 34 [270] (1888), 790-800, Tafel IV. Auch in *Sitzungsberichte d. königl. preuss. Acad. d. Wiss. zu Berlin* v. 15. März 1888.

Hennig, R.: Toeplers Vorlesungsapparat zur Statik und Dynamik fester Körper. *Zeitschrift für den Physikalischen und Chemischen Unterricht* 1 (1888) Heft 4, 137-148.

Steinmetz, K.: Die Anwendung komplexer Größen in der Elektrotechnik. *Elektrotechnische Zeitschrift* 14 (1893) 597-599, 631-635, 641-643, 653-654.

Wiedemann, G.: Die Lehre von der Elektrizität, 1. Band. *Verlag Vieweg und Sohn, Braunschweig, 2. Aufl., 1893.*

Hennig, R.: Ueber die Susceptibilität des Sauerstoffs. *Wiedemanns Annalen der Physik und Chemie* 50 [286] (1893), 485-520, Tafel XI.

Toepler, A.: Ueber absolute Temperaturbestimmung mittels Messung barometrischer Druck-differenzen. *Wiedemanns Annalen der Physik und Chemie* 56 [292] (1895), 609-643.

Röntgen, W. C.: Ueber eine neue Art von Strahlen. (Vorläufige Mittheilung.) *Sitzungsberichte der Würzburger Phys.-medic. Gesellschaft, Würzburg 1895.* Nachgedruckt in *Annalen der Physik und Chemie* 64 [300] (1898), 1-11.

Toepler, A.: Bemerkungen zu den Lenard-Röntgenschen Entdeckungen; Vortrag v. 19. März 1896. *Sitzungsberichte der naturwissenschaftlichen Gesellschaft ISIS in Dresden, Dresden 1896.*

Toepler, A.: Hertz'sche Wellen und Telegraphie ohne Drähte. *Sitzungsberichte und Abhandlungen der Naturwissenschaftlichen Gesellschaft ISIS in Dresden, 10. Hauptversammlung am 18. Dez. 1897, 28. Dresden 1898.*

Wimshurst, J.: Influence Machines. *Archives of the Roentgen Ray* 5 (Aug. 1900), 16-23.

Heinke, C. / Ebert, H.: Die Elektrophysik und die Theorie des Elektromagnetismus. Bd. 1, Erste Abteilung von Heinke, C. (Hrsg.): *Handbuch der Elektrotechnik (2 Bde.). Verlag von S. Hirzel, Leipzig 1902.*

Holtz, W.: Zur Priorität der Influenzmaschine mit doppelter Drehung. *Zeitschrift für den Physikalischen und Chemischen Unterricht* 17 (1904), 193-196.

Wommelsdorf, H.: Über die Abhängigkeit der Stromstärke, Leistung sowie des Wirkungsgrades der Influenzmaschinen vom Entladepotential. *Physikalische Zeitschrift* 5 (1904) (a), 792-796.

Wommelsdorf, H.: Einfluß der Polarisatorstellung auf die Stromleistung der Influenzmaschinen mit Doppeldrehung. *Annalen der Physik* Vierte Folge 15 [320] (1904) (b), 842-854.

Wommelsdorf, H.: Über den Scheibenabstand von Influenzmaschinen (schädliche Ladungen, Ozon-gebläse). *Annalen der Physik* Vierte Folge 15 [320] (1904) (c), 1019-1025.

Barkhausen, H.: Das Problem der Schwingungserzeugung unter besonderer Berücksichtigung schneller elektrischer Schwingungen. *Verlag von S. Hirzel, Leipzig* 1907.

Toepler, M.: Neue, einfache Versuchsanordnung zur bequemen subjektiven Sichtbarmachung von Funkenschallwellen nach der Schlierenmethode. *Annalen der Physik* IV. Folge [332] (1908), 1043-1050, Tafel XI.

Hallwachs, W.: August Toepler. Nachruf, gesprochen in der öffentlichen Gesamtsitzung beider Klassen am 14. November 1812. *Berichte über die Verhandlungen der Königlich-Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften; Math.-phys. Klasse* 64 (1912), 479-497.

Helm, G. F.: August Toepler †. *Sitzungsberichte und Abhandlungen der Naturwissenschaftlichen Gesellschaft ISIS in Dresden, Jahrgang* 1912, Dresden 1913.

Schmidt, H. W.: Elektrisiermaschinen und Apparate. In Graetz, L. (Hrsg.): Handbuch der Elektrizität und des Magnetismus. In fünf Bänden. Bd.1: Elektrizitätserregung und Elektrostatik. *Verlag von Johann Ambrosius Barth, Leipzig* 1918.

Hermann, H.: Die Stromformel der Influenzmaschine. *Zeitschrift für technische Physik* 4 (1923), 14-17.

Pohl, R. W.: Einführung in die Elektrizitätslehre. *Verlag von Julius Springer, Berlin* 1927.

Cranz, C.: Lehrbuch der Ballistik. Dritter Band: Experimentelle Ballistik. *Verlag von Julius Springer, Berlin* 1927.

Günther, H.: Rassenkunde des deutschen Volkes. *J. F. Lehmanns Verlag, München* 1928.

Schardin, H.: Das Toeplersche Schlierenverfahren – Grundlagen für seine Anwendung und quantitative Auswertung. Forschungsheft 367 – Beilage zu „Forschung auf dem Gebiete des Ingenieurwesens“, Ausgabe B, Band 5, Juli/August 1934. *VDI-Verlag, Berlin* 1934

Strauch, H.: Die elektrostatischen Maschinen. *Physikalische Zeitschrift* 36 (1935), 575-584.

Toepler, M.: Zu August Toeplers 100. Geburtstag. *Akadem. Buchhandlung Focke & Oltmanns, Dresden* 1936.

Güntherschulze, A. / Meinhardt, H.: Die geschichtete positive Säule. *Zeitschrift für Physik* 110 (1938), 95-117.

Dosse, J.; Mierdel, G.: Der elektrische Strom im Hochvakuum und in Gasen. *Verlag von S. Hirzel, Leipzig* 1949.

Kohlrausch, F.: Praktische Physik, Bd. 1. *B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig*, 18. Aufl., 1950.

Toepler, M.: Leistung vielplattiger Influenzmaschinen, Historisches. *Wissenschaftliche Zeitschrift der Technischen Hochschule Dresden* 2 (1952/53) Heft 1, 11-12.

Recknagel, A.: Physik – Elektrizität und Magnetismus. *VEB Verlag Technik*, Berlin **1957**.

N. N.: In memoriam Prof. Dr. phil. habil. Maximilian Toepler – Gedenkreden anlässlich der Feierstunde bei der Namensgebung des neuen Hochschulgebäudes der Fakultät für Elektrotechnik an der Mommsenstraße „Toepler-Bau“ am 2. Oktober 1961, 16 Uhr. *Wissenschaftliche Zeitschrift der Technischen Universität Dresden* 11 (**1962**) Heft 1, 103-110.

Zischka, A.: Pioniere der Elektrizität. *C. Bertelsmann Verlag*, Gütersloh **1962**.

Mierdel, G.: Elektrophysik. *VEB Verlag Technik*, Berlin **1970**.

Wunsch, G.: Geschichte der Systemtheorie. *Akademie-Verlag*, Berlin **1985**.

Schöpf, H.-G.: August Toepler – Leben und Werk. *Dresdener Seminar für Theoretische Physik, Sitzungsberichte* Nr. 28, TU Dresden **1987**.

Lunze, K.: Die Herausbildung der Elektrotechnik als wissenschaftliche Disziplin an der Technischen Universität Dresden. *Wissenschaftliche Zeitschrift der Technischen Universität Dresden* 42 (**1993**) Heft 2, 3-16.

Sauer, W.: 40 Jahre Fakultät für Elektrotechnik. Eröffnungsvortrag zur 40-Jahr-Feier am 5. Oktober 1992 im Barkhausenbau. *Wissenschaftliche Zeitschrift der Technischen Universität Dresden* 42 (**1993**) Heft 2, 1-2.

Lienert, M.: Entlassung von Dresdener Hochschullehrern nach 1933. Hochschullehrer im Spannungsfeld der Politik. In Beck, F. u. a. (Hrsg.): *Archivistica docet – Beiträge zur Archivwissenschaft und ihres interdisziplinären Umfeldes*. *Verlag für Berlin Brandenburg*, Potsdam **1999**; S. 409-435.

Pommerin, R.: Geschichte der TU Dresden. *Böhlau Verlag*, Köln Weimar Wien **2003**. (Bd. 1 von Pommerin, R. (Hrsg.): 175 Jahre TU Dresden.)

Pulla, R.: Elektrotechnik und Informationstechnik – Strukturen und Konjunkturen. In Hänseroth, Th. (Hrsg.): *Wissenschaft und Technik – Studien zur Geschichte der TU Dresden*. *Böhlau Verlag*, Köln Weimar Wien **2002**. (Bd. 2 von Pommerin, R. (Hrsg.): 175 Jahre TU Dresden.)

Petschel, D.: Die Professoren der TU Dresden 1828-2003. *Böhlau Verlag*, Köln Weimar Wien **2003**. (Bd. 3 von Pommerin, R. (Hrsg.): 175 Jahre TU Dresden.)

Purwins, H.-G. u. Amiranashvili, Sh.: Selbstorganisierte Strukturen im Strom. *Physik Journal* 6 (**2007**), 21-27.

Jäger, K. / Heilbronner, F.: Lexikon der Elektrotechniker. *VDE Verlag GmbH*, Berlin u. Offenbach, 2. Auflage, **2010**.

Hübner, K.: Gustav Robert Kirchhoff – Das gewöhnliche Leben eines außergewöhnlichen Mannes. *verlag regionalkultur*, Heidelberg u. a. **2010**. (*Museum und Archiv der Universität Heidelberg, Schriften*, Nr. 16.)

Dörfel, G.: Im Spannungsfeld der frühen Glühlampentechnik: Der Geißlerschüler Ludwig Karl Böhm (1859-?). *Jahrbuch des Hennebergisch-Fränkischen Geschichtsvereins* 26 (**2011**) 225-248.

Mauersberger, K. (Red.): Innovation hat Tradition – Exzellente Wissenschaft in der Geschichte der TU Dresden (1828-1990). *Der Rektor der TU Dresden*, Dresden **2011**. Dort Dittmann/Mauersberger: August Toepler 1836-1912; 76-80.

Dörfel, G.: Heinrich Geißler (1814-1879) – Ein Nachtrag. *Jahrbuch des Hennebergisch-Fränkischen Geschichtsvereins* 28 (**2013**), 187-192.

Dörfel, G.: Der Meister und seine Schule – zur Biographie und Wirkung des Instrumentenbauers Heinrich Geißler. *Sudhoffs Archiv – Zeitschrift für Wissenschaftsgeschichte* 98 (2014) H. 1, 91-108.

Zaun, J. / Vincenz, K. / Lupfer, G. / Mauersberger, K. (Red.): Gebäude und Namen - Die Campusentwicklung der TU Dresden. Hrsg. Kustodie der TUD. *Sandstein Verlag, Dresden* 2020.

Dörfel, G. / Wehreter, E.: The Fifty Percent Machines – A Short History of Influence Machines and an Elementary Theory of Their Efficiency: An Attempt. *Annalen der Physik (Berlin)* [533] (2021) H. 1, 2000465, 1-6. Auch zugänglich als early view 2020 unter *Ann. Phys. (Berlin)* 2020.2000465

Dittmann, F. / Luxbacher, G. / Gilson, N. / Döring, P.: Technik – Innovation – Sicherheit. Der Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V. als Expertennetzwerk in gesellschaftlicher Verantwortung 1893 bis 2018. *VDE Verlag, Berlin und Offenbach* 2021.

13 Biographische Anmerkungen

Die nachfolgend aufgelisteten biographischen Anmerkungen waren nicht Forschungsgegenstand dieser Arbeit. Sie sollen helfen, eventuelle Informationslücken schnell zu überbrücken. Insofern werden Quellenhinweise nur in Ausnahmefällen gegeben.

Barkhausen, Heinrich

Georg Heinrich Barkhausen, geboren am 2. Dezember 1881 in Bremen, studierte – nach dem 1901 in seiner Heimatstadt bestandenen Abitur – zunächst technische Physik an der TH München. Nach Studien an den Universitäten Berlin und München ging er 1903 nach Göttingen, wo er 1906 am Institut für angewandte Elektrizitätslehre bei Hermann Theodor Simon promovierte. Nach einer Ingenieur­tätigkeit bei Siemens & Halske, der er nach eigenen Angaben seine Sicht auf eine ingenieurtechnisch anwendbare Naturforschung dankte, und Habilitation an der TH Charlottenbug, wurde er 1911 an die TH Dresden berufen. Dort baute er das erste deutsche Institut für Schwachstromtechnik auf. Nach kriegsbedingter Unterbrechung – seine Tätigkeit am Marineforschungsinstitut in Kiel (1915-1918) brachte ihn auch in Berührung mit der ganz jungen Elektronenröhrentechnik – wandte er sich in Dresden der Elektronenröhren-Forschung zu und etablierte seine Röhrgleichung. Mit den „Barkhausen-Kurz-Schwingungen“ wurde die Tür zur Höchstfrequenztechnik aufgestoßen. Erste Hinweise auf die Magnetisierungssprünge im Eisen – nach weiterer Untersuchung und Beschreibung 1919 und 1924 als „Barkhausen-Effekt“ oder „Barkhausen-Rauschen“ in die internationale Fachliteratur eingegangen – fand er ebenfalls während seiner Tätigkeit in Kiel. Der erste Band seines berühmten Lehrbuches *Elektronenröhren* erschien 1923; es erfuhr als vierbändiges Standardwerk 12 Auflagen. Sein 1925 vorgestellter „Lautstärkemesser“ und die in diesem Zusammenhang vorgeschlagene Einheit „phon“ wurden zum Ausgangspunkt internationaler Forschung und Standardisierung zur Bewertung des Schalls. Barkhausens Institut wurde zum Ursprung einer Schule mit internationaler Ausstrahlung. Nach der völligen Zerstörung seines Institutes im Februar 1945 ließ sich Barkhausen beurlauben. Er kehrte im Juni 1946 nach Dresden zurück und wirkte mit am Wiederaufbau der elektrotechnischen Ingenieurausbildung. Zahlreiche Mitgliedschaften und Ehrungen belegen seine weltweite Anerkennung. Barkhausen starb am 20. Februar 1956 in Dresden.

Bessel-Hagen, Ernst

Ernst Carl (Bessel-)Hagen wurde am 31. Januar 1851 in eine angesehene, weit verzweigte und einflussreiche Familie geboren. Nach dem Abitur in Berlin studierte er 1871 bis 1876 Chemie und Physik in Berlin und Heidelberg. Dort war er 1873 bis 1875 Assistent von Robert Wilhelm Bunsen, bei dem er 1876 auch promoviert wurde. 1876 bis 1878 arbeitete Hagen als Assistent von A. Toepler in Dresden. In diese Zeit fiel seine Weiterentwicklung der Toeplerschen Vakuumpumpe, über die er 1881 berichtete. Da hatte er den Namenszusatz Bessel schon angenommen. Dieser ging zurück auf seinen Großvater mütterlicherseits, den berühmten Astronomen Friedrich Wilhelm Bessel, der seinerseits mit einer Hagen verheiratet war. Danach arbeitete er bei Hermann von Helmholtz in Berlin, wo er sich 1883 auch habilitierte. Die Folgejahre (1884 bis 1888) führten ihn nach Dresden zurück auf eine außerordentliche Professur für Angewandte Physik und als Vorsteher des von ihm gegründeten Elektrotechnischen Instituts am Polytechnikum Dresden. Dem war eine Forschungsreise in die USA vorausgegangen, wo er sich mit der von Edison initiierten elektrischen Beleuchtungstechnik auseinandersetzte – dies auch publizistisch. 1887 wurde er als Physiker im Range eines Admiralitätsrates an die Kaiserliche Marine nach Kiel berufen. Von dort holte ihn Helmholtz 1893 an die Physikalisch Technische Reichsanstalt (PTR), wo er bis 1918 wirkte. Dort erwarb er sich neben organisatorischen Erfolgen auch hohe wissenschaftliche Anerkennung bei mit Heinrich Rubens

durchgeführten Forschungen zur elektromagnetischen Strahlung. In seinen späten Jahren engagierte er sich u. a. im Vorstandsrat des Deutschen Museum München. Ernst Bessel-Hagen starb am 15. Jan. 1923 in Solln b. München.

Boltzmann, Ludwig

Ludwig Eduard Boltzmann, geb. am 20. 02. 1844 in Wien, widmete sich, durch die Familie und seine frühen Lehrer in Linz angeregt, mathematischen und physikalischen Studien in Wien. Dabei wurde er von J. Stephan und J. Loschmidt beeinflusst. Stepans experimentelle Forschungen und Boltzmanns Erklärungen sind als Stephan-Boltzmannsches Gesetz in die Literatur eingegangen. Nach Promotion 1866 wurde Boltzmann 1868 zunächst als Privatdozent und 1869 als 25jähriger (!) Professor nach Graz berufen. Nach Anstellungen in Wien (1873) und zwischenzeitlicher Tätigkeit bei H. v. Helmholtz in Berlin wurde er 1876 – in der Nachfolge von August Toepler – für 14 Jahre Ordinarius für Physik an der Grazer Universität. Zu seinen Schülern gehörten die späteren Nobelpreisträger S. Arrhenius und W. Nernst. Er begründete, anknüpfend an Maxwell, die statistische Mechanik. Und er deutete die zunehmende Entropie eines thermodynamischen Systems als Maß für den Übergang in einen Zustand größerer Wahrscheinlichkeit. Der bei der logarithmischen Verknüpfung beider Größen eingeführte Proportionalitätsfaktor wurde als „Boltzmann-Konstante“ zu einer der fundamentalen Naturkonstanten der modernen Physik. 1890 wurde Boltzmann zum Nachfolger G. Kirchhoffs in Berlin ernannt. Er trat diese Stelle aber nicht an und ging nach München. 1894 brach er diesen nach eigenen Abgaben glücklichsten Abschnitt seiner Karriere ab. Er kehrte nach Wien auf den von J. Stefan hinterlassenen Lehrstuhl zurück. Nach einer Amerikareise 1904 verschlechterte sich Boltzmanns Gesundheitszustand; er litt unter Depressionen. Er wählte am 5. September 1909 der Freitod.

Dember, Harry

Harry Dember wurde am 11. Juli 1882 im Mansfeldischen in eine wohlhabende Kaufmannsfamilie geboren. Er studierte Physik in Darmstadt, Göttingen und Berlin und wurde dort mit einer Arbeit über den lichtelektrischen Effekt promoviert. Damit erweckte er das Interesse von W. Hallwachs und wurde 1906 dessen Assistent in Dresden. 1910, nach kurzer Tätigkeit als Privatdozent – D. hatte sich 1909 habilitiert – wurde er zum außerordentlichen Professor berufen. 1923, da schon ordentlicher Professor, stieg er zum Direktor des Physikalischen Institutes und 1931 zum Vorstand der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Abteilung der TH Dresden auf. 1933 wurde er aus rassistischen Gründen entlassen.* Er erlangte noch 1933 eine Professur an der Universität Istanbul. Von dort wanderte er 1941 in die USA aus und bot an der Rutgers University in New Brunswick Vorlesungen an. Dember starb dort am 23. März 1943.

Dember veröffentlichte zwischen 1906 und 1932 etwa ein Dutzend eigenständige wissenschaftliche Arbeiten zum Fotoeffekt. Als seine größte Leistung gilt die Entdeckung des „Kristallphotoeffektes“ (1931), als Dember-Effekt in die Fachliteratur eingegangen. Er fand aber auch Anerkennung für seine für damalige Gegebenheiten (1912, 1915) genauen Bestimmungen der Loschmidt'schen Zahl.

**Zur Gesamtsituation siehe [Lienert 1999]. Dember war einer der ersten Dresdner Professoren, die aus rassistischen Gründen von der Hochschule verwiesen wurden. Ursache für die Forcierung der causa Dember war wohl der Umstand, dass Dembers Berufung vom sächsischen Minister Fleißner gegen den Willen deutsch-nationaler Kreise an der Hochschule durchgesetzt worden war. Dazu äußerte sich mehrfach auch Victor Klemperer: Ich will Zeugnis ablegen bis zum letzten – Tagebücher 1933-1941. Aufbau-Verlag, Berlin 1996.*

Geißler, Heinrich

Heinrich Johann Wilhelm Geißler wurde am 26. Mai 1814 in Igelshieb (heute zu Neuhaus a. Rwg.) geboren. Obwohl der Vater, Georg Geißler, als Glasbläser und Perlenmacher unternehmerisch erfolgreich tätig und zeitweilig auch Schultheiß der kleinen Gemeinde war, blieb dem Sohn Kinderarbeit nicht erspart. 1828 vermerkte der Pfarrer von Neuhaus im Kirchenbuch, dass der vierzehnjährige „Perlenmacher und Junggeselle Heinrich ...“ seinen Bruder Loth über das Taufbecken gehalten habe. Frühe Reisen, wohl zunächst im Auftrag des Vaters unternommen, führten G. nach München, Bonn, Frankreich und Holland. Eine mehrjährige Tätigkeit in 's-Gravenhage (Den Haag) in den 1840er Jahren begründete seinen Ruf als Instrumentenbauer. Sein Aufenthalt in Bonn ist ab 1853 belegt. Vorher war er als „Verfertiger chemischer und physikalischer Apparate“ in Poppelsdorf und dort ganz sicher mit Ausrichtung auf die Bedürfnisse der Landwirtschaftlichen Akademie tätig. Die Zusammenarbeit mit dem Bonner Mathematiker und Physiker Julius Plücker gestaltete sich außerordentlich ertragreich – wenn auch, bedingt durch Geißlers eigenwillige Initiativen, nicht konfliktfrei. Untersuchungen zur hochauflösenden Thermometrie, Gasentladungsröhren und insbesondere Spektralröhren, die Vakuumpumpe zur Evakuierung und dosierten Befüllung der Entladungsgefäße und Dampfdruckmesstechnik gehörten zu den gemeinsamen Themen. Mit der Weiterbildung junger Glastechniker, die Geißler insbesondere aus seiner thüringischen Heimat nachholte, begründete er eine Schule, die an der Gestaltung der physikalischen Umbrüche des ausgehenden 19. und beginnenden 20. Jahrhunderts – u. a. Röntgentechnik, Fotoelektronik, Glühlampentechnik – maßgeblich beteiligt war. 1868 verlieh ihm die Universität Bonn die Ehrendoktorwürde. Heinrich Geißler starb am 24. Jan. 1879 in Bonn.

Güntherschulze, Adolf

Adolf Güntherschulze wurde am 26. Juli 1878 in Hannover in einem Architektenhaushalt geboren. Nach Abitur und kurzer Praktikantentätigkeit in einer Telegraphenbaufirma studierte er ab 1897 Physik und Elektrotechnik an der TH Hannover. Nach dem Diplom 1901 arbeitete er an der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt (PTR), zunächst als Assistent, ab 1907 als festangestellter Mitarbeiter. 1902 war Güntherschulze in Hannover promoviert worden. Nach kurzem Wehrdienst wurde Güntherschulze 1915 zum Professor an die TH Berlin-Charlottenburg und zum Mitglied der PTR berufen. 1928 wechselte er zur Osram-Gesellschaft; zunächst als Laborvorsteher, 1929 als Direktor. 1930 folgte Güntherschulze einem Ruf nach Dresden und übernahm das Direktorat des Instituts für Allgemeine Elektrotechnik. 1945 ging G. nach München und wirkte an der dortigen TH von 1948 bis 1956 als Professor für Allgemeine Elektrotechnik. Er starb am 30. September 1967 in München.

Der Julius Springer Verlag hat Güntherschulze, A.: Elektrische Gleichrichter und Ventile. Berlin 1929 in sein Digitalisierungsprojekt Springer Book Archives aufgenommen. Dieses dient der Erhaltung und Popularisierung wissenschaftsgeschichtlich bedeutsamer Werke. Gleichzeitig erklärt der Verlag, dass das Werk „in seiner politisch-ideologischen Ausrichtung vom Verlag nicht beworben“ werde. Da sich diese Aussage ersichtlich nicht auf den Inhalt des Buches beziehen kann, wird möglicherweise der Umstand gewertet, dass sich Güntherschulze sehr früh einer Ergebnisadresse deutscher Wissenschaftler an Adolf Hitler anschloss.

Hallwachs, Wilhelm

Die Bekanntheit von *Wilhelm Hallwachs*, geboren am 9. Juli 1859 in Darmstadt, ist mit der für Nachrichtentechniker vielleicht wichtigsten experimentellen Leistung des 19. Jahrhunderts verknüpft. Heinrich Hertz hatte in den späten 1880er Jahren in Karlsruhe die Maxwellsche Elektrodynamik experimentell bestätigt. Zur Indikation der elektrischen Feldstärke im Raum nutzte er Funkenstrecken – notgedrungen, andere Indikatoren waren nicht verfügbar. Um auch kleine Wirkungen erkennen zu

können, dunkelte er die Funkenstrecken ab. Dabei musste er feststellen, dass deren Neigung zur Entladung deutlich nachließ. Umgekehrt förderte die Bestrahlung der Elektroden mit kurzwelligem Licht die Entladung. Es ist das Verdienst von Hallwachs, dieses Phänomen (neben anderen) verfolgt und systematisch analysiert zu haben, sodass die Begriffsbildung „Hallwachseffekt“ nicht ungerechtfertigt ist. Die Anstöße zu diesen Arbeiten empfing Hallwachs während seiner Zeit als Privatdozent für Physik in Leipzig, wo er sich 1886 habilitiert hatte. 1888 folgte Hallwachs als Assistent seinem früheren akademischen Lehrer *Kohlrausch* nach Straßburg. Dort war er schon 1883 promoviert worden. Nach seiner Berufung nach Dresden 1893 übernahm Hallwachs elektrotechnische Vorlesungen und bot in den Folgejahren Lehrveranstaltungen zu den Themen Wechselstrom, Elektrochemie und elektrische Anlagen an. Ab 1900 widmete sich Hallwachs wieder stärker theoretischen Fragen; die Leitung des elektrotechnischen Institutes ging an Johannes *Görges* über. Hallwachs war in Dresden Vorstand der Mechanischen Abteilung, Mitglied des Senats und 1921/22 Rektor der TH. Die Königlich Sächsische Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig wählte ihn 1905 zu ihrem ordentlichen Mitglied. Er starb am 20. Juni 1922 in Dresden.

Hartmann, Werner

Werner Hartmann wurde am 30.01.1912 in die Familie eines selbständigen Malermeisters in Berlin geboren. Nach Abitur (1930) und Physikstudium an der TH Berlin-Charlottenburg wurde er 1935 mit einer Arbeit über künstliche Sperrschichten in Metall-Halbleiterübergängen – er hatte tatsächlich eine künstliche ultradünne Lackschicht eingebracht – mit einem hervorragenden Urteil des Nobelpreisträgers Gustav Hertz diplomiert. Den Dokortitel erwarb er 1936 mit einer in den Siemens-Laboratorien angefertigten, von Walter *Schottky* betreuten und von Max *Vollmer*, Richard Becker und Hans *Kopfermann* begutachteten Arbeit über elektrische Eigenschaften oxidischer Halbleiter. (Gustav Hertz hatte sich wegen drastischer Einschränkungen seiner Lehrtätigkeit, er galt als „Vierteljude“, von der TH zurückgezogen.) Hartmann arbeitet unter G. Hertz bei Siemens über Fotokathoden und wechselte 1936 zur Fernseh-GmbH. Seine rüstungsrelevanten Arbeiten über Sekundärelektronenvervielfacher und Bildwandler bewahrten ihn vor dem Kriegsdienst. 1945 bis 1955 arbeitete er (zunächst unter Gustav Hertz) in einem sowjetischen kernphysikalischen Forschungsinstitut in Agudseri bei Suchumi am Schwarzen Meer zu messtechnischen Problemen. Da die dortigen deutschen „Spezialisten“ die sowjetische Atomforschung zwar begleitend unterstützten, in die Bombenentwicklung aber nicht direkt eingebunden waren, wurde Hartmann in das sowjetische akademische Leben integriert. Er konnte publizieren und begleitete Graduierungsarbeiten in Moskau und Leningrad. Nach der Rückkehr nach Deutschland – Hartmann hatte sich wie viele anerkannte Wissenschaftler für die Annahme lukrativer DDR-Angebote entschieden – strebte er, getreu seiner Siemens-Erfahrungen, eine Verbindung von akademischer Lehrtätigkeit (er wurde 1956 als ordentlicher Professor an die Fakultät für Kerntechnik der TH Dresden berufen) mit industrieller Forschungs- und Entwicklungstätigkeit an und gründete den der kernphysikalischen Messtechnik verpflichteten Betrieb VEB Vakutronik. 1961 wurde er mit dem (von ihm initiierten, aber öffentlich nie so herausgestellten) Aufbau der Arbeitsstelle für Molekularelektronik (AME, später AMD) beauftragt. 1959 hatten *Kilby* (Texas Instruments) und *Noyce* (Fairchild) ihre Überlegungen zur Schaltungsintegration bekanntgemacht. Die weitere Entwicklung verlief widersprüchlich. Zunächst wenig beachtet und wenig unterstützt, konnte Hartmann mit seinen Mitarbeitern durch eine frühe Entscheidung für die TTL-Technik (eine für lange Zeit bestimmende Integrationstechnik) Anschluss an die internationale Entwicklung herstellen oder doch zumindest in Aussicht stellen. Er wurde geehrt – zwei Nationalpreise (1959, 1970) – und er war schon zeitig nach seiner Rückkehr nach Deutschland ein Fall für die Stasi. Hartmann wurde 1974 im Zuge einer politischen Intrige als Leiter der AMD abgesetzt, mit Hausverbot belegt, zur Unperson gemacht und in eine subalterne Position im VEB Muldenhütten Freiberg

abgeschoben. Er starb, als erste öffentliche Erinnerungen an seine Verdienste schon nicht mehr zu verhindern waren, am 08.03.1988 in Dresden.

Zur Gesamtsituation siehe insbesondere Augustine, D.: Red Prometheus – Engineering and Dictatorship in East Germany, 1945-1990. The MIT Press, Cambridge (Massachusetts), London 2007 sowie Buthmann, R.: Versagtes Vertrauen – Wissenschaftler der DDR im Visier der Staatssicherheit. Vandenhoeck & Ruprecht, Göttingen 2020. Einzeldarstellungen geben Dörfel, G.: Werner Hartmann – Industriephysiker, Hochschullehrer, Manager, Opfer. In: Hoffmann, D. (Hrsg.): Physik im Nachkriegsdeutschland. Verlag Harry Deutsch, Frankfurt a. M. 2003; Becker, H. W.: 100. Geburtstag von Werner Hartmann (1912-1988), Begründer der Mikroelektronik im Osten Deutschlands. In: 120 Jahre VDE-Bezirksverein Dresden. VDE Bezirksverein Dresden e.V., Dresden 2012; Garte, D. et. al.: Werner Hartmann. Wikipedia 2012 ff. Vorbereitet wird Barkleit, G.: Werner Hartmann – Wegbereiter der Mikroelektronik in der DDR. Dunker & Humblot, Berlin 2021.

Hertz, Heinrich

Heinrich Rudolf Hertz wurde am 22. Februar 1857 als Sohn eines erfolgreichen Anwalts aus ehemals jüdischer, seit 1834 protestantischer Familie geboren. Die Mutter entstammte einer Frankfurter Arztfamilie. Nach dem Abitur am Hamburger Johanneum 1875 war Hertz zunächst ein Suchender. Nach einsemestrigen Studien am Polytechnikum in Dresden bei dem Pädagogen und Philosophen Fritz *Schultze* verbrachte er das Studienjahr 1877/78 in München. Nachdem er sich für Physik entschieden hatte, ging er zu Kirchhoff und v. Helmholtz nach Berlin und promovierte schon im vierten Semester bei Letzterem. Der wissenschaftliche Aufstieg von Hertz begann mit der Lösung einer 1878 von der Berliner Akademie gestellten Preisaufgabe. Es ging um die Frage, ob der elektrische Strom sich mit träger Masse durch die Drähte bewege. Hertz fand, dass es sich nur um eine verschwindend kleine, jenseits der damaligen Nachweismöglichkeiten liegenden Masse handeln könne. Hertz habilitierte sich 1883 in Kiel und folgte 1885 einem Ruf der Technischen Hochschule Karlsruhe. Dort machte er seine bahnbrechende Entdeckung der Ausbreitung elektromagnetischer Wellen und lieferte damit eine klare Ausdeutung der Maxwellschen Theorie. Gewissermaßen als Nebeneffekt hatte Hertz dabei eine lichtelektrische Erscheinung gefunden und deren Verfolgung angestoßen (siehe W. Hallwachs). Mit jung erlangter Berühmtheit ausgestattet, wurde er 1889 als Nachfolger von R. Clausius nach Bonn berufen. Dort, in der Nachbarschaft der Geißlerschen Werkstatt und mit entsprechendem Equipment versorgt, entdeckte er bei Gasentladungsexperimenten, dass Kathodenstrahlen dünne Metallfolien durchdringen können. Er ermutigte seinen Assistenten Philipp Lenard eine Entladungsröhre zu bauen, die Kathodenstrahlen durch eine solche Folie, das spätere „Lenard-Fenster“, aus dem Entladungsraum entlassen und direkter Untersuchung zugänglich machen kann. Die stark beachteten Arbeiten Lenards hierzu ebneten den Weg zur Entdeckung und Charakterisierung des Elektrons und zur Auszeichnung Lenards mit dem Physik-Nobelpreis (1905). Heinrich Hertz starb, nicht einmal 37-jährig, in der Silvesternacht auf Neujahr 1894 in Bonn an den Folgen einer langwierigen Nasennebenhöhlenentzündung.

Holtz, Wilhelm

Wilhelm Holtz wurde am 15. Oktober 1836 als sechster Sohn in die Familie eines mecklenburgischen Rittergutsbesitzers geboren. Von 1857 bis 1862 studierte er Physik (und andere Naturwissenschaften) in Berlin, Dijon und Edinburgh. Seine frühen Erfindungen zur Influenzmaschine gelangen ihm als Privatgelehrten in Berlin. Die angestrebte akademische Karriere verzögerte sich krankheitsbedingt – wir verweisen auf Äußerungen Poggendorffs in [Holtz/Poggendorff 1869]. Holtz promovierte 1869 an der Universität Halle und erlangte später eine Anstellung als Assistent in Greifswald. Dort habilitierte er sich 1881 und arbeitet als Privatdozent. 1884 wurde er zum Professor ernannt. Weiter bekannt wurde er durch seine Arbeiten zur Blitzforschung und Blitzabwehr. Neben Arbeiten zu Magnetismus,

Akustik und Optik blieb er der Hochspannungstechnik und der Gasentladungsforschung verbunden. Er erfand eine Gasentladungsgleichrichterröhre, die einen beeindruckend anschaulichen Zugang zu den Phänomenen der Gasentladungsphysik bot: Er hatte in eine schlanke Entladungsröhre trichterförmige Elemente einschmelzen lassen. Der erreichte Effekt erinnerte an die Wirkung von Fisch-Reußen. 1897 hatte der Geißlerschüler Louis *Müller-Unkel* (Braunschweig) auf Anregung des Braunschweiger Physikers und Elektrotechnikers Rudolf *Franke* das Holtzsche Prinzip in eine Zweiweg-Hochspannungsgleichrichtereinrichtung umgesetzt, die dem Graetz-Gleichrichter entsprach – zeitgleich mit und unabhängig von Leo *Graetz*. (Dieser hatte seinen Gleichrichter mit elektrolytischen Zellen für Anwendungen bei niedrigen Spannungen konzipiert.) Holtz starb am 27. September 1913 in Greifswald.

Kirchhoff, Robert

Gustav Robert Kirchhoff wurde am 12. Mai 1824 in die Familie eines Justizbeamten in Königsberg geboren. Nach dem Abitur 1842 immatrikulierte er sich dort und veröffentlichte schon 1845 seine Gesetze über den Stromfluss in verzweigten Stromkreisen. 1847 wurde er in Königsberg promoviert. 1848 konnte er sich in Berlin habilitieren. Kirchhoff nahm 1850 einen Ruf nach Breslau an, wo er Robert *Bunsen* kennenlernte. Bunsen wechselte 1852 nach Heidelberg und holte Kirchhoff zwei Jahre später auf einen Physik-Lehrstuhl nach. Die dort von beiden begründete Spektralanalyse überstrahlte andere Aktivitäten und führte Kirchhoff zu einer Erklärung des Sonnenspektrums. 1869 begründete Kirchhoff mit dem Mathematiker Leo *Königsberger* ein mathematisch-physikalisches Seminar. Die erlangte Ausstrahlung führte zu mehreren Rufen nach Berlin, denen er schließlich 1875 folgte. Er erlangte die erste Professur für theoretische Physik, die nicht als Verlegenheitslösung für nicht realisierbare Intentionen im Bereich der Experimentalphysik wahrgenommen wurde. Viele später bekanntgewordene Physiker rechneten sich zu seinen Schülern. Kirchhoff starb am 17. Oktober 1887 in Berlin.

Meyer, W. H. Theodor

W. H. Theodor Meyers Lebenslauf beginnt mit Widersprüchen. In einem lateinisch verfassten Text, den er seiner 1857 in Marburg eingereichten (und dort auch angenommenen) Doktor-Dissertation beigegeben hatte, schrieb er, dass er am 8. Febr. 1825 als Sohn des hessen-nassauischen Aufsehers über die Metallhütten, Valentin Meyer, geboren sei. Das „Verzeichnis der Gebornen in dem Kirchspiel Michelbach“ [Hessen-Nassau] hält fest, dass dem *ehemaligen* Hütteninspektor ... und seiner Ehefrau ... , wohnhaft zu Michelbach, am 8. Februar 1820 der Sohn Karl Wilhelm Theodor Meyer geboren ... wurde. Offenbar hat Meyer seinen durch soziale, familiäre und wahrscheinlich auch gesundheitliche Umstände verzögerten Zugang zu akademischen Studien kaschiert. 1849 begann er zunächst in Leipzig, dann in Bonn eine extrem breit angelegte Ausbildung. Der Tod der Mutter und ausbleibende Unterstützungen vom Bruder zwangen ihn 1851 zu einer Anstellung am physikalischen Cabinet in Bonn. Reibereien mit dem Ordinarius Plücker – dieser hatte ein zwischen Geißler und Meyer abgestimmtes Dissertationsthema über thermometrisch-barometrische Höhenbestimmung unterbunden und Meyer zu einem magnetischen Thema gedrängt – sowie Rivalitäten bei der Aufnahme der von Geißler angestoßenen Arbeiten zur Gasentladungsphysik veranlassten Meyer, in Marburg um Promotion nachzusuchen. Dabei waren auch materielle Gründe im Spiel. Die Universität Marburg gewährte dem Nassauischen Bürger Meyer finanzielle Vergünstigungen im Promotionsverfahren. Dieses kam noch 1857 mit durchweg positiven Urteilen zum Abschluss. Da lebte Meyer schon in Berlin; nach eigenen Angaben als „Probist am K. Telegraphenamte“. Weiter ließ sich sein Lebensweg nicht verfolgen.

Meyers Lebenslauf steht hier neben dem der Etablierten als Beispiel für die unverzichtbare Rolle kleiner Rädchen im großen Getriebe. Meyer bleibt das Verdienst, Geißler beim Lostreten einer Lawine zur wissenschaftlichen Gasentladungsforschung behilflich gewesen zu sein und dessen Pumpe zeitig bekanntgemacht zu haben. (Siehe die Schwierigkeiten, die Toepler bei der Popularisierung seiner Pumpe zu überwinden hatte.)

Mierdel, Georg

Georg Mierdel wurde am 5. März 1899 in Rathenow geboren. Nach dem Abitur am dortigen Realgymnasium (1917) studierte er in Marburg Physik, Mathematik und Biologie. Schon 1920 promovierte er in Greifswald bei R. Seeliger über die Bestimmung von Anregungsfunktionen. Nach Assistenzzeit und Habilitation in Greifswald wechselte Mierdel 1930 zu den Siemens-Schuckert-Werken und übernahm später die Leitung des physikalischen Laboratoriums des Siemens-Stromrichterwerkes in Berlin. Daneben wirkte er als Privatdozent und ab 1939 als a. o. Professor an der TH Berlin-Charlottenburg. 1944 wich Mierdels Arbeitsstelle kriegsbedingt in das Protektorat Böhmen und Mähren aus. Mierdel blieb bis 1953 in leitender Stellung in der Tschechoslowakei und als Dozent an der TH Prag. Zurückgekehrt nach Greifswald übernahm er eine Abteilungsleiterstelle am Institut für Gasentladungsphysik der Deutschen Akademie der Wissenschaften. Noch im gleichen Jahr folgte er einem Ruf an die TH Dresden auf eine Professur für Theoretische Elektrotechnik und Gleichrichter und als Direktor des Instituts für Allgemeine Elektrotechnik. Mierdels fachlichen Tätigkeiten waren sehr breit angelegt. Als Autor und Initiator trat er auch auf den Gebieten Halbleitertechnik und Regelungstechnik hervor. Auch nach der Emeritierung 1964 war sein Einfluss auf das Institutsgeschehen in Dresden groß. In dieser Zeit verfasste er vierzig wissenschaftliche Arbeiten und zwei Lehrbücher. Er starb am 29. Juni 1987 in Dresden.

Plücker, Julius

Julius Plücker wurde am 16. Juni 1801 in Elberfeld in eine Unternehmerfamilie geboren. Er studierte in Heidelberg, Bonn und Berlin und wurde 1823 in Marburg in Abwesenheit promoviert – hier sehen wir Parallelen zum Werdegang seines Assistenten und Kontrahenten Meyer. Nach Studien in Paris wurde Plücker 1825 in Bonn habilitiert und wurde 1828 daselbst a. o. Professor. Nach Anstellungen in Berlin und Halle kam er 1835 nach Bonn zurück, wo er ein Ordinariat für Mathematik und Physik erhielt. Obwohl er zunächst der Mathematik näherstand – er strebte eine Neuordnung der Geometrie an und veröffentlichte mehrere bahnbrechende Arbeiten hierzu – entzog er sich seinen physikalischen Verpflichtungen nicht. Unter dem Einfluss von Faradays Ideen und Geisslers praktischen Anregungen begründete er die Spektralanalyse *elektrisch* angeregter Gase. Das war gewissermaßen ein Gegenentwurf (oder besser eine Ergänzung!) zur von Bunsen und Kirchhoff begründeten Spektralanalyse *thermisch* angeregter Stoffe. In den letzten Lebensjahren wandte er sich wieder verstärkt seiner Geometrie zu. Plücker starb am 12. Mai 1868 in Bonn.

Poggendorff, Johann Christian

Johann Christian Poggendorff wurde am 29. Dezember 1796 als Sohn eines Zuckerfabrikanten in Hamburg geboren. Als ausgebildeter Apotheker begann er 1820 ein Studium der Naturwissenschaften in Berlin. Er brach dieses aber ab und arbeitete als Privatgelehrter in Berlin. Erste experimentelle Arbeiten über Elektrizität und Magnetismus empfahlen ihn 1823 für eine Anstellung als Observator der Berliner (Preußischen) Akademie der Wissenschaften. Mit dem Tod des Herausgebers der *Annalen der Physik*, Gilbert, übernahm Poggendorff 1824 deren Herausgabe unter dem Titel *Annalen der Physik und Chemie*, und insbesondere in dieser Funktion begegnet er uns hier im Kontext dieser Arbeit. In einer

sehr langen (bis 1877 andauernden und die Herausgabe von 160 Bänden umfassenden) erfolgreichen, aber nicht konfliktfreien Phase – siehe die Publikationsgeschichte zu Toeplers Vakuumpumpe und zu seiner Schlierenmethode – etablierte er dieses Journal unter den weltweit wichtigsten naturwissenschaftlichen Zeitschriften. 1830 erhielt Poggendorff eine Titularprofessur. Den Zugang zur Berliner Universität nutzte Poggendorff zu Vorlesungen zur Geschichte der Physik. Daraus resultiert sein *Biographisch-Literarisches Handwörterbuch*.* Die nachfolgenden und ergänzenden Auflagen unterschiedlicher Herausgeber füllen mehrere Regalmeter und enthalten Angaben zu ca. 8500 Wissenschaftlern. Ungeachtet seiner herausgeberischen Tätigkeit verfasste Poggendorff mehr als hundert (meistens zusammenfassende) Artikel über Magnetismus und Elektrizität. Abgesehen von seinen in dieser Arbeit zitierten Anmerkungen und Beiträgen zu den Influenzmaschinen ist für Elektrotechniker seine Rolle als Begründer der leistungslosen Spannungsmessung nach dem Kompensationsverfahren herauszustellen.** Poggendorff starb am 24. Januar 1877 in Berlin.

**Poggendorff, J. C.: Bibliographisch-Literarisches Handwörterbuch zur Geschichte der exakten Wissenschaften. Verlag von Johann Ambrosius Barth, 2 Bde., Leipzig 1863.*

***Poggendorff, J. C.: Methode zur quantitativen Bestimmung der elektromotorischen Kraft inconstanter galvanischer Ketten. (Aus einer am 5. August d. J. in der Academie gehaltenen Vorlesung.) Poggendorffs Annalen der Physik und Chemie 54 [130] (1841), 161-192.*

Pohl, Wichard Robert

Robert Wichard Pohl wurde am 10. August 1884 in Hamburg als Sohn eines Schiffbauingenieurs geboren. Die Mutter war eine Enkelin des Erziehers Wilhelm *Middendorf*, der neben bzw. mit dem Thüringer Friedrich *Fröbel* als Begründer der Kindergärten gilt. Nach Studien in Heidelberg, wo er James Frank kennenlernte, und Berlin promovierte er 1906 bei Emil Warburg. In den Folgejahren arbeitet er u. a. zum Fotoeffekt – siehe *Hallwachs* und *Dember*. Seine Habilitation 1911 zur Physik der Röntgenstrahlen fiel in eine Zeit gravierender Umbrüche. Die Drucklegung seiner Habilitationsschrift konnte die fundamentalen von Laue angeregten Experimente von Friedrich und Knipping zur Erklärung der Natur der Röntgenstrahlen gerade noch ergänzend berücksichtigen.* 1916 wurde Pohl an die Universität Göttingen berufen; kriegsbedingt konnte er diese Position erst 1919 antreten. 1920 erhielt er ein planmäßiges Ordinariat und begründete mit Max *Born* und seinem Freund James *Frank* die Blütezeit der Göttinger Physik. Seine Göttinger Arbeiten weisen Pohl als einen Begründer der Festkörperphysik aus. Die in dieser Schrift herausgestellten Leistungen Pohls sind seinem immerwährenden didaktischen Engagement zuzurechnen. Nach seiner Emeritierung 1952 widmete er sich der Aktualisierung seiner Lehrbücher. Pohl wurde international hoch geehrt. Die Deutsche Physikalische Gesellschaft vergibt jährlich den Robert-Wichard-Pohl-Preis. Pohl starb am 5. Juni 1976 in Göttingen.

**Pohl, R.: Die Physik der Röntgenstrahlen. Verlag Friedrich Vieweg & Sohn, Braunschweig 1912.*

Siemens, Werner (von)

Werner (von) Siemens wurde am 13. Dezember 1816 als viertes von vierzehn Kindern eines Landwirtes in Lenthe bei Hannover geboren. Aus wirtschaftlichen Gründen suchte er seine naturwissenschaftlich-technische Ausbildung an der Vereinigten Artillerie- und Ingenieurschule in Berlin und trat dem Militär bei. Neben seinen dienstlichen Verpflichtungen betrieb Siemens physikalische Studien und gehörte zu den frühen Mitgliedern der Physikalischen Gesellschaft zu Berlin, aus der die Deutsche Physikalische Gesellschaft hervorging. Aus seinen Vorschlägen zur Verbesserung der damaligen Telegraphentechnik resultierte 1847 die „Telegraphenbauanstalt Siemens und Halske“. 1949 nahm er seinen Abschied vom Militär und widmete sich der Telegraphentechnik im weitesten Sinne. Sein systematisches

Herangehen, welches die Schaffung von Kabeln, Isolatoren, Blitzschutzeinrichtungen und zugehörigen Fertigungseinrichtungen einschloss, machten seine Großaufträge für Preußen (1848) und Rußland (1853) auch zu großen wirtschaftlichen Erfolgen. Sein wohl bemerkenswertester Erfolg war die Entdeckung und Umsetzung des dynamoelektrischen Prinzips 1867. Dabei ist nicht unbedingt die Originalität des Prinzips hervorzuheben – andere Forscher, u. a. Charles Wheatstone, hatten mit oder vor ihm das Prinzip der magnetischen Selbsterregung ebenfalls gefunden –, sondern der damals keineswegs selbstverständliche Standpunkt, dass naturwissenschaftliche Erforschung, technische Gestaltung und wirtschaftliche Umsetzung solcher Phänomene verschiedene Aspekte der gleichen Aufgabe sein können. 1860 promovierte die Berliner Universität Siemens zu ihrem Ehrendoktor; 1873 wurde er Mitglied der Berliner Akademie der Wissenschaften. Siemens war vier Jahre Abgeordneter des preußischen Landtages (1864-1868) und wurde 1888 in den erblichen Adelsstand erhoben. Persönliche und wissenschaftliche Reputation, exzellente Vernetzung und der Einsatz eines nicht unerheblichen Teiles seines mittlerweile großen Vermögens ermöglichten ihm, die Gründung einer Physikalisch-Technischen Reichsanstalt (PTR) durchzusetzen. Deren erster Präsident wurde 1887 Siemens' Freund Hermann von Helmholtz. Die PTR wurde, neben ihrer Aufgabe zur Koordinierung der Metrologie, national und international zum Modell staatlich finanzierter Großforschungszentren. Siemens regte 1879 mit Generalpostmeister Heinrich von Stephan die Gründung des Elektrotechnischen Vereins zu Berlin, der Keimzelle des späteren VDE, an und war eine der treibenden Kräfte bei der Verabschiedung eines fortschrittlichen Patentgesetzes des Deutschen Reiches (1877). In seinen letzten Lebensjahren zog sich Siemens von aktiver unternehmerischer Tätigkeit zurück und widmete sich seinen Lebenserinnerungen. Er starb am 6. Dezember 1892 in Berlin.

Toepler, Maximilian

Maximilian (Max) Toepler, Sohn des August Toepler und seiner Frau Olga, wurde am 25. Juni 1870 in Graz geboren. Nach dem Abitur am Kreuzgymnasium in Dresden studierte er ab 1890 Physik in Dresden, Göttingen und Leipzig. Dort erwarb er 1894 den Doktorgrad mit einer Arbeit über die „Bestimmung der Volumenänderung beim Schmelzen für eine Anzahl von Elementen“. Nach anschließender Assistententätigkeit in Dresden folgte 1900 die Habilitation. Die im Titel der Habilitationsschrift gesetzten Schwerpunkte blieben programmatisch für seine weitere berufliche Tätigkeit: „Über die Abhängigkeit des Charakters elektrischer Dauerentladung in atmosphärischer Luft von der dem Entladungsraume kontinuierlich zugeführten Elektrizitätsmenge nebst einem Anhang zur Kenntnis der Kugelblitze“. 1897 hatte er in Göttingen auch die Prüfung für das höhere Lehramt abgelegt. Nach einer Tätigkeit als Adjunkt am Elektrotechnischen Institut der TH Dresden erhielt er 1903 eine a. o. Professur für Theoretische Physik und wurde 1926 zum Direktor des Instituts für Theoretische Physik bestellt. Nach seiner Emeritierung 1936 nahm er 1948 bis 1951 noch einmal einen Lehrauftrag für Theoretische Physik wahr. Die Übernahme des Instituts für Theoretische Physik war wohl eine der Ressourcenknappheit geschuldete Verlegenheitslösung. Tatsächlich gestaltete M. Toepler dieses bescheiden ausgestattete Institut zu einem Hochspannungslaboratorium. Er begründete, wie Georg Mierdel anlässlich der Namensgebung „Toeplerbau“ 1960 bemerkte, die „Elektrophysik“ an der TH Dresden [N. N. 1962]. M. Toepler widmete sich, in Zusammenarbeit mit der Industrie und insbesondere mit der Hermsdorf-Schomburg GmbH, den durch die junge Hochspannungsübertragungstechnik aufgeworfenen Überschlags-, Isolator- und Blitzschutzproblemen. Er starb am 14. März 1960 in Langebrück/Dresden.

Wimshurst, James

James Wimshurst, geboren am 13. April 1832 in Poplar und aufgewachsen in London, war ein vielseitig begabter Erfinder, der seine Karriere unabhängig von akademischen Einrichtungen und Bindungen gestaltete. Er ließ sich in einer Werft ausbilden, arbeitete als Schiffsvermesser und war für seine Arbeitgeber international tätig. Seine Freizeit widmete er physikalischen Experimenten. International bekannt wurde er durch seine „Duplex-Influenzmaschine“, eine Maschine mit zwei gegenläufigen und stark segmentierten Platten, mit der er die Erkenntnisse von Toepler und Holtz in technologischer Hinsicht außerordentlich gekonnt zusammenfasste. Er griff auch Toeplers Überlegungen zu Vielplatten-Maschinen auf und gestaltete solche zur Anwendung in der frühen Röntgentechnik. Ungeachtet seines unkonventionellen Werdegangs wurde er 1889 zum Mitglied der „Institution of Electrical Engineers“ ernannt und 1898 in die „Royal Society“ aufgenommen. Wimshurst starb am 3. Januar 1903 in Clapham.

Wommelsdorf, Heinrich

Heinrich Wommelsdorf wurde am 14. Jan. 1877 in Paderborn geboren. Er studierte in Hannover, Heidelberg und Berlin, erlangte den Grad eines Diplom-Ingenieurs und wurde 1904 an der TH Berlin-Charlottenburg mit einer Arbeit über Influenzmaschinen mit Doppeldrehung promoviert. Als promovierter Ingenieur arbeitete er für *Siemens & Halske*, ab 1908 für den *Märkischen Überwachungsverein*, und er lehrte zeitweise an der TH Berlin-Charlottenburg. Er widmete nahezu sein ganzes Berufsleben den elektrostatischen Maschinen. Er erreichte mit ihnen den höchsten je publizierten Wirkungsgrad (27 %). Zur Verwertung seiner Entwicklungen gründete er 1912 die *Berliner Elektros Gesellschaft M B H*. Wommelsdorf war ein begabter Musiker und ambitionierter Segler und Jäger. Ob er seinen Lebensstil mit seinen Kondensatormaschinen finanzieren konnte, darf bezweifelt werden. Eher wohl durch seine Positionen in der *Fritz Werner AG*. Er war der Schwiegersohn des Firmengründers. Diese Berliner Maschinen- und Werkzeugfabrik hatte sich auf die Ausrüstung von Munitionsfabriken spezialisiert. Wommelsdorf starb am 29. Januar 1945 in Berlin.

Zetzsche, Karl Eduard

Karl Eduard Zetzsche, geboren 11. März 1830 als Sohn eines Wagnermeisters und Bauverwalters in Altenburg (Thür.), studierte nach Gymnasialabschluss in seiner Heimatstadt 1851 bis 1855 an der Polytechnischen Schule in Dresden Mathematik und Naturwissenschaften. Während seiner anschließenden universitären Studien in Wien belegte er auch das Fach Telegraphie. Das eröffnete ihm den Eintritt in den österreichischen Telegraphendienst (in Padua und Triest). 1857 promovierte Zetzsche in Jena mit einer lateinisch und von Hand geschriebenen Arbeit über „Die elektrische Kraft entstehend aus Schwingungen“. Von 1858 bis zu seiner Berufung an das Polytechnikum Dresden 1876 wirkte Z. als Lehrer (ab 1866 als Professor) für Mathematik und Mechanik an der Gewerbeschule in Chemnitz. In Dresden vertrat Zetzsche die theoretische und praktische Telegraphie und stand der von ihm eingerichteten Telegraphensammlung vor. 1879 übernahm Zetzsche, noch von Dresden aus, die Redaktion der als Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereins Berlin gegründeten *Elektrotechnischen Zeitschrift*. 1881 wurde er als kaiserlicher Telegraphen-Ingenieur und Dozent an die Telegraphenschule des Reichspostamtes nach Berlin berufen. 1886/87 schied Zetzsche aus gesundheitlichen Gründen aus diesen Ämtern aus und kehrte nach Dresden zurück. Hier widmete er sich weiter der Herausgabe des mehrbändigen Werkes *Handbuch der elektrischen Telegraphie* und der Arbeit in der naturwissenschaftlichen Gesellschaft ISIS. Für 1893/94 wählte ihn deren physikalisch-chemische Sektion zum Vorsitzenden. Zetzsche starb am 8. April 1894 in Dresden.

Zeuner, Gustav Anton

Gustav Anton Zeuner wurde am 30. Nov. 1828 in Chemnitz als Sohn eines Tischlers geboren. Nach Tischlerlehre und Ausbildung an der Gewerbeschule in Chemnitz studierte er 1848-1851 in Freiberg Mechanik und Maschinenlehre. Nach kurzen Studienaufenthalten in der Schweiz und in Frankreich (1848, 1851) kehrte er 1851 als Lehrer an die Gewerbeschule seiner Geburtsstadt zurück und begründete 1852 mit seinem Freiburger akademischen Lehrer Julius Ludwig *Weißbach* die Zeitschrift *Civilingenieur*. Nach der Promotion an der Universität Leipzig (1853) wurde Zeuner 1855 als Professor für Mechanik und Theoretische Maschinenlehre an das Eidgenössische Polytechnikum Zürich berufen. Er wirkte dort bis 1871 – zwischenzeitlich (1865-1868) auch als dessen Direktor. 1871 kehrte Zeuner nach Freiberg zurück, übernahm den Lehrstuhl seines verstorbenen Lehrers Weißbach und wurde zum Direktor der Bergakademie berufen. 1873 übernahm Zeuner auch das Direktorat des Dresdner Polytechnikums. Diese Funktion übte er bis 1890 aus – verbunden mit einer Professur für Mechanik und Theoretische Maschinenlehre. Sein Freiburger Direktorat hatte er 1875 abgegeben. Neben seinem wissenschaftlichen Wirken konnte Zeuner auf beachtliche wissenschaftsorganisatorische Erfolge zurückblicken. Er veranlasste die Berufung namhafter Wissenschaftler und erlebte 1890 die nach seinen Vorstellungen konzipierte Erhebung des Polytechnikums in den Rang einer Technischen Hochschule. Diese dankte ihm mit der Ehrenpromotion 1902. Zeuner starb am 17. Oktober 1907 in Dresden.

Erwähnte Personen

Name	Vorname	Seiten***	Anmerkungen****
Abbé	Ernst Carl	16, 26	Physiker und Sozialreformer in Jena
Barkhausen	Heinrich	67 , 8, 83	
Becker	Richard	70	Physiker in Berlin
Bessel-Hagen	Ernst	67 , 21	
Boltzmann	Ludwig	68 , 14, 27, 47	
Boole	George	44FN*	US-amerikanischer Mathematiker
Born	Max	74	Physiker in Göttingen, NP 1954**
Bunsen	Robert	72, 73	Chemiker in Breslau und Heidelberg
Clausius	Rudolf Julius	17, 71	Physiker in Bonn
Crookes	William	51	Britischer Chemiker und Vakuum-techniker
Dember	Harry	68 , 8	
Dittmann	Frank	58	Kurator am DM in München
Dove	Heinrich Wilhelm	12	Physiker, Meteorologe in Berlin
Dörfel	Günter	81 , 71, 83	Autor
Dudec	Marcus	59	Universitätsarchiv Jena
Fleißner	Hermann	68FN*	Sächs. Minister für Volksbildung
Foucault	Léon	24	Französischer Physiker
Frank	James	74	Physiker in Göttingen, NP 1925**
Franke	Rodolf	72	Physiker in Braunschweig
Freege	Gottlob	44FN*	Mathematiker in Jena
Fröbel	Friedrich	74	Erzieher in Keilhau bei Rudolstadt
Geißler	Heinrich	69 , 9, 13, 18, 52, 72	
Georg II.		15	Herzog von Sachsen-Meiningen
Görges	Johannes	70	Elektrotechniker an der TH Dresden
Graetz	Leo	72	Physiker in München
Gretschel	Heinrich	52	Mathematiker in Freiberg
Günther	Hans F. K.	58FN*	Philologe und „Rassentheoretiker“ in Jena und Berlin
Güntherschulze	Adolf	69 , 8	
Hallwachs	Wilhelm	69 , 8, 16, 42, 50	
Hartmann	Werner	70 , 8	
Helmholtz	Hermann (von) L. F.	56, 75	Physiol. in Heidelberg, Physiker in Berlin
Hertz	Heinrich	71 , 8, 46, 52, 70	
Hittorf	Johann Wilhelm	52	Physiker in Münster
Holfert	Andreas	33	Restaurator in Dresden
Holtz	Wilhelm	71 , 27, 29, 30, 56	

* FN Fußnote auf genannter Seite;

** NP Nobelpreis im Jahr

*** Die Seite in den biografischen Notizen (Seiten 67 bis 77) ist **fett** gedruckt vorangestellt.

Die Nachnamen sind im Text bei erstmaliger Erwähnung *kursiv* gedruckt. Für Personen in den biografischen Notizen sind die Nachnamen im Text bei erstmaliger Erwähnung ***kursiv*** fett gedruckt.

**** Es sind die im Kontext der Arbeit wesentlichen Wirkungsorte benannt

Name	Vorname	Seiten***	Anmerkungen****
Kilby	Jack	70	US-amerik. Ing., NP 2000**
Kirchhoff	Robert	72 , 14, 24, 47, 56	
Klemperer	Victor	68FN*	Literaturwissenschaftler in Dresden
Königsberger	Leo	72	Mathematiker in Heidelberg
Kohl	Max	29	Fa. für Präzisionsapparate, Chemnitz
Kohlrausch	Friedrich	69	Physiker in Straßburg
Kopfermann	Hans	70	Gutachter der Diss. von W. Hartmann
Kundt	August	17	Prof. Physik in Würzburg und Berlin
Langer	Paul Victor	15	Mathematiker in Jena
Lenard	Philipp	52, 71	Physiker in Heidelberg, NP 1905**
Leuner	Oskar	31, 48, 49	Mechaniker in Dresden
Lienert	Matthias	59	Archiv der TU Dresden
Loschmidt	Josef	14	Chemiker und Physiker in Wien
Mach	Ernst	14, 25	Physiker in Graz und Prag, Philosoph in Wien
Mach	Ludwig	25	Sohn von Ernst, Experimentalphysiker
Mauersberger	Klaus	58	Kustodie der TU Dresden, i.R.
McLeod	Herbert	20	Englischer Chemiker in London
Meyer	W. H. Theodor	72 , 17, 73	
Middendorf	Wilhelm	74	Erzieher in Keilhau bei Rudolstadt
Mierdel	Georg	73 , 8	
Morse	Samuel F. B.	42, 43	US-am. Maler und Erfinder in Boston
Müller-Unkel	Louis	70	Glastechniker in Braunschweig
Noyce	Robert Norton	70	US-amerik. Physiker, Silicon Valley
Pieper	Carl	45	Patentanwalt in Dresden
Plücker	Julius	73 , 18, 52, 69, 72	
Pöppelmann	Peter	54	Bildhauer, Grafiker und Medailleur in Dresden
Poggendorff	Johann Christian	73 , 20, 24, 27, 71	
Pohl	Wichard Robert	74 , 28, 33, 40FN*	
Raps	August Karl Friedrich	20	Physiker in Berlin, Elektrotechniker in Dresden
Recknagel	Alfred	33	Physiker in Dresden
Röntgen	Wilhelm Conrad	51, 52	Physiker in Würzburg und München, NP 1901**
Ruhmkorff	Heinrich Daniel	13	deutscher Instrumentenbauer in Paris

* FN Fußnote auf genannter Seite;

** NP Nobelpreis im Jahr

*** Die Seite in den biografischen Notizen (Seiten 67 bis 77) ist **fett** gedruckt vorangestellt.

Die Nachnamen sind im Text bei erstmaliger Erwähnung *kursiv* gedruckt. Für Personen in den biografischen Notizen sind die Nachnamen im Text bei erstmaliger Erwähnung ***kursiv*** fett gedruckt.

**** Es sind die im Kontext der Arbeit wesentlichen Wirkungsorte benannt

Name	Vorname	Seiten***	Anmerkungen****
Schellbach	Kerstin	59	SLUB Dresden
Schottky	Walter	70	Physiker in Berlin
Schultze	Fritz	71	Philosoph in Dresden
Seebeck	August	16	Physiker in Dresden
Seebeck	Moritz Karl Julius	15	Kurator in Jena, Erzieher in Meiningen
Seeliger	Rudolf	8, 72	Physiker in Greifswald
Siemens	Werner (von)	74 , 8, 27, 40, 55, 56, 73	
Snell	Karl	45	Mathematiker und Physiker in Jena
Stephan	Heinrich (von)	55, 75	Sprachpfleger, Generalpostdirektor
Stern	Thomas	42	SLUB Dresden
Toepler	Maximilian	75 , 8, 15, 17, 25, 41, 53, 58, 59	
Vollmer	Max	70	Physikalische Chemie in Berlin
Warburg	Emil Gabriel	55, 74	Physiker in Freiburg und Berlin
Weber	Wilhelm Eduard	47	Physiker in Halle, Göttingen, Leipzig
Weierstraß	Karl Theodor Wilhelm	12, 27, 47	Mathematiker in Berlin
Weihreter	Ernst	59	Physiker in Berlin
Weinhold	Adolf Ferdinand	56	Physiker u. Elektrotechn. in Chemnitz
Weißbach	Julius Ludwig	77	Prof., Bergakademie Freiberg
Wiese	Jutta	59	Archiv TU Dresden
Wimshurst	James	76 , 29, 30, 31	
Wommelsdorf	Heinrich	76 , 31, 33	
Wunderwald		32	Mechaniker, TH Dresden
Zaun	Jörg	59	Kustodie TU Dresden
Zernike	Fritz Frederik	10	Physiker in Groningen, NP 1953**
Zetzsche	Karl Eduard	76 , 41, 49, 55	
Zeuner	Gustav Anton	77 , 17, 48	
Zöllner	Friedrich Johann Karl	14	Astrophysiker in Leipzig

* FN Fußnote auf genannter Seite;

** NP Nobelpreis im Jahr

*** Die Seite in den biografischen Notizen (Seiten 67 bis 77) ist **fett** gedruckt vorangestellt.
Die Nachnamen sind im Text bei erstmaliger Erwähnung *kursiv* gedruckt. Für Personen in den biografischen Notizen sind die Nachnamen im Text bei erstmaliger Erwähnung ***kursiv*** fett gedruckt.

**** Es sind die im Kontext der Arbeit wesentlichen Wirkungsorte benannt

Autor



Günter **Dörfel** (*1935), Dresden, arbeitete nach einer Elektrikerlehre im Rundfunkröhrenwerk Neuhaus am Rennweg und dem Studium an der Ingenieurschule Mittweida von 1957 bis 1970 als Entwicklungsingenieur für kernphysikalische Betriebsmessgeräte in Dresden. Daneben wurde er an der TU Dresden 1966 mit einer Arbeit zu regelungstechnischen Fragestellungen diplomiert und 1970 mit einer Arbeit zu einem prozessmesstechnischen Thema promoviert.

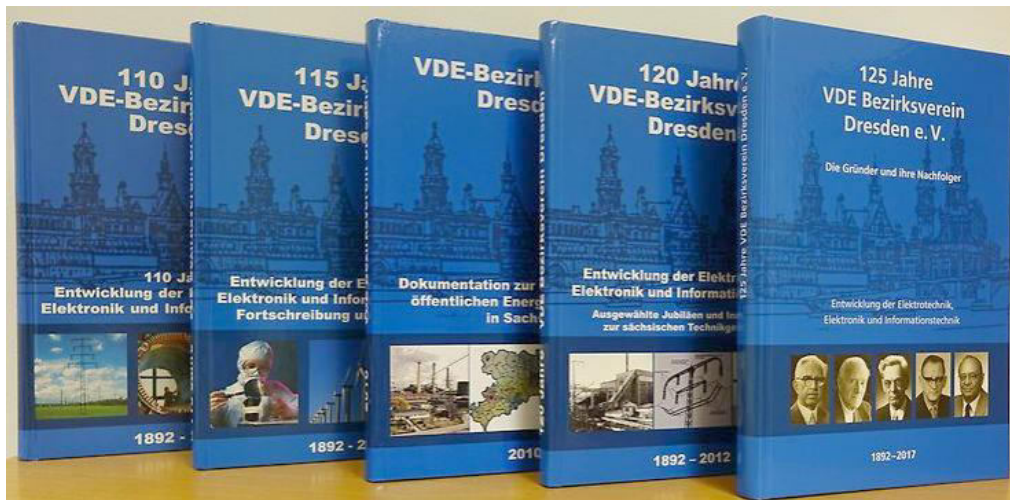
Danach war er als wissenschaftlicher Mitarbeiter, später als Leiter einer Abteilung für technische Elektronik, am Zentralinstitut für Festkörperphysik und Werkstoffforschung der Akademie der Wissenschaften (AdW) der DDR, Dresden, tätig. Dort promovierte er 1986 mit einem Beitrag zur Signaltheorie zum Dr. sc. techn. (1991 als Habilitation anerkannt); 1987 wurde er zum Professor berufen.

Am Nachfolgeinstitut, dem heutigen Leibniz Institut für Festkörper- und Werkstoffforschung e.V., wurde ihm 1992 die Leitung des Bereichs Forschungstechnik übertragen.

Nach dem altersbedingten Eintritt in den Ruhestand im Jahre 2000 war Günter Dörfel für zwei Wahlperioden Vorstandsmitglied im Fachverband Geschichte der Physik der Deutschen Physikalischen Gesellschaft. 2014 ehrte ihn der Museumsverband Thüringen für sein ehrenamtliches Engagement für das Museum Geißlerhaus in Neuhaus am Rennweg und das Historische Glasapparatemuseum Cursdorf mit der Bernhardt-von-Lindenau-Medaille.

Daneben arbeitet Günter Dörfel im VDE Dresden e.V., Arbeitskreis Geschichte der Elektrotechnik. In den letzten beiden Jahrzehnten widmete er sich insbesondere wissenschafts-historischen Themen – oft mit Bezug auf seine thüringische Heimat.

Bisher veröffentlichte „Blaue Bücher“ und Dresdner Hefte des AK 20 „Geschichte der Elektrotechnik“ beim VDE Dresden e.V.:



Autorenkollektiv: **110 Jahre VDE-Bezirksverein Dresden** – 110 Jahre Entwicklung der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik 1892 – 2002.

Herausgeber: VDE-Bezirksverein Dresden e.V., Dresden 2002, ISBN: 3-933442-53-2

Autorenkollektiv: **115 Jahre VDE-Bezirksverein Dresden** – Entwicklung der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik – *Fortschreibung und Ergänzung* 1892 – 2007.

Herausgeber: VDE-Bezirksverein Dresden e.V., Dresden 2007

Nerger, Dieter; Edelmann Helge; Herbrich, Günter: **VDE-Bezirksverein Dresden** – Dokumentation zur Geschichte der öffentlichen Energieversorgung in Sachsen.

Herausgeber: VDE-Bezirksverein Dresden e.V., Dresden 2010

Eine weitere Betrachtung der sächsischen Technikgeschichte anschließend an die Jubiläumsbände 110 Jahre und 115 Jahre VDE Bezirksverein Dresden:

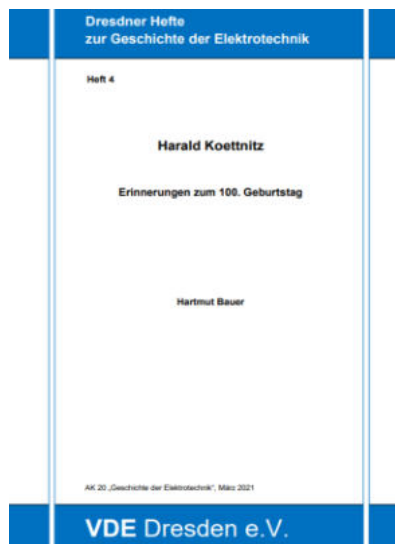
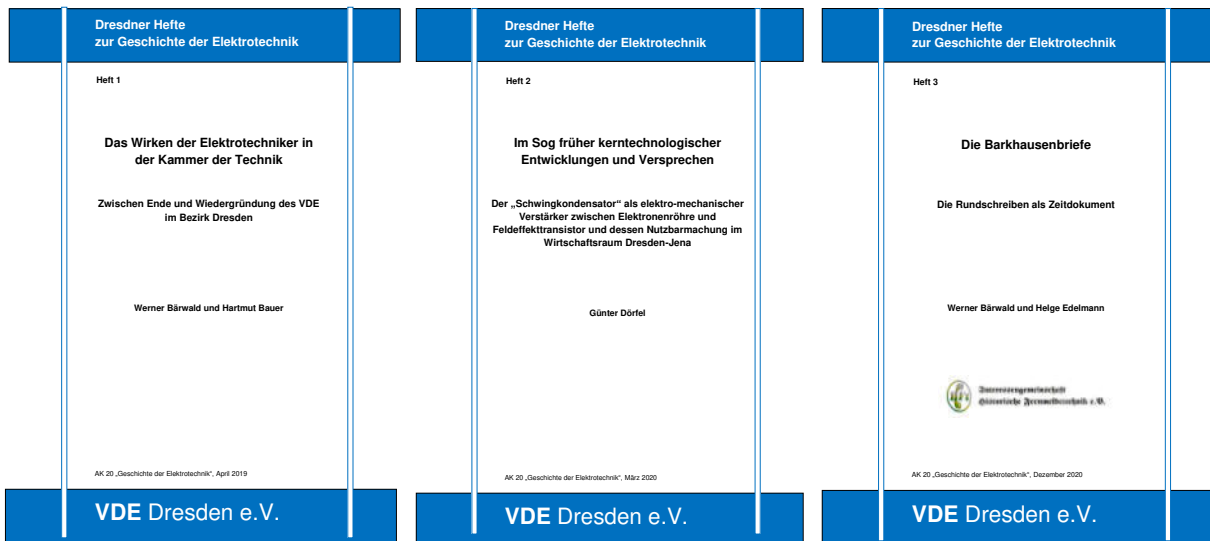
Autorenkollektiv: **120 Jahre VDE-Bezirksverein Dresden** – Entwicklung der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik – *Ausgewählte Jubiläen und Innovationen zur sächsischen Technikgeschichte* 1892 – 2012.

Herausgeber: VDE-Bezirksverein Dresden e.V., Dresden 2012, ISBN: 978-3-00-039920-6

Bärwald, Werner; Bauer, Hartmut; Edelmann, Helge; Herbrich, Günter; Nerger, Dieter; Siegmund, Dietmar: **125 Jahre VDE Bezirksverein Dresden** – *Die Gründer und ihre Nachfolger*. Entwicklung der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik 1892 - 2017

Herausgeber: VDE Bezirksverein Dresden e.V., Dresden 2017, ISBN: 978-3-00-056625-7

Dresdner Hefte zur Geschichte der Elektrotechnik:



Herausgeber:

VDE Dresden e.V.,

ISSN: 2629-7167

<https://www.vde-dresden.de/de/facharbeit-regional/dresdner-hefte-zur-geschichte-der-elektrotechnik>

Heft 1 (2019) „Das Wirken der Elektrotechniker in der Kammer der Technik – Zwischen Ende und Wiedergründung des VDE im Bezirk Dresden“, von *Werner Bärwald* und *Hartmut Bauer*,

Heft 2 (2020) „Im Sog kerntechnologischer Entwicklungen und Versprechen – Der „Schwingkondensator“ als elektromechanischer Verstärker zwischen Elektronenröhre und Feldeffekttransistor und dessen Nutzbarmachung im Wirtschaftsraum Dresden-Jena“ von *Günter Dörfel*,

Heft 3 (2020) „Die Barkhausenbriefe – Die Rundschreiben als Zeitdokument“ von *Werner Bärwald* und *Helge Edelmann*

Heft 4 (2021) „Harald Koettnitz – Erinnerungen zum 100. Geburtstag“ von *Hartmut Bauer*

VDE

© 2021

VDE Dresden e.V.
MommSENstraße 12
01069 Dresden

ISSN: 2629-7167