

1 ELEKTROSTATISCHE PHÄNOMENE

Aus dem Physikunterricht ist folgendes bekannt: Bringt man eine spitz zugeschnittene und etwas verdrehte Alufolie in ein elektrostatisches Hochspannungsfeld, derart, dass die Folie sich im Gleichgewicht zwischen Schwerkraft und Influenzkraft befindet, so beginnt sie sich um ihre Vertikalachse zu drehen. Offensichtlich erzeugt das statische Feld beim Probekörper ein Drehmoment. Die gängige Erklärung ist die, dass sich durch Koronaeffekte bzw. Sprühentladungen an der Folienspitze "Ionenwinde" ausbilden, die zur Drehung der Folie beitragen. Ein in der Tat plausibles Argument. Aus diesem Grund muss der Hochspannungserzeuger (Bandgenerator, Influenzmaschine) die Verluste durch permanenten Ladungsnachschub ausgleichen.

1.1 Grundlagen der Elektrostatik

Um dem Leser eine prinzipielle Unterscheidung zwischen Elektrostatik und später zu behandelnder Elektrotechnik zu ermöglichen, werden nachfolgend ein paar elementare Begriffe aus der klassischen Elektrizitätslehre vorgestellt. Einige Dinge dürften dem einen oder andern in vager Erinnerung geblieben sein, so dass der Stoff als Repetition dient. Für diejenigen, die dieses Privileg nicht ihr eigen nennen, möge diese Einführung zum besseren Verständnis der nachfolgenden Kapitel beitragen. Bestimmte Sachverhalte werden im Kapitel 9 (Konvertertechnologie) explizit aufgegriffen, so dass sie in dieser Einführung fehlen.

Diese Einführung kann allerdings ein Fachbuch der Elektrotechnik nicht ersetzen. Wer sich tiefer in dieses Fachgebiet einarbeiten möchte, sei auf die im Anhang erwähnten Fachbücher verwiesen. Wem gewisse mathematische Passagen unverständlich und kopflastig erscheinen, kann sie auch auslassen. Ungeachtet dessen wird uns das Gaußsche Gesetz in Kürze bei der Erörterung der Versuche von Nipher von grossem Nutzen sein.

1.1.1 Reibungselektrizität und Influenz

Vorgänge der statischen Elektrizität waren bereits im Altertum bekannt. Rieb man Bernstein (griech. elektron) mit einem geeigneten Stoff wie z.B. Baumwolle, so kam es zu den bekannten Erscheinungen der Reibungselektrizität. Eine systematische Erforschung der damit verbundenen Gesetzmässigkeiten blieb leider aus. Thales von Milet und seine Zeitgenossen begnügten sich in physikalischer Hinsicht mit punktuellen Erkenntnissen, die kaum einen praktischen Nutzen besaßen. Eine systematische Untersuchung setzte erst in der Neuzeit ein, als sich Forscher wie William Gilbert (Magnetismus und Elektrizität), Stephen Gray (Leiter und Nichtleiter), Charles Dufay (zwei Arten von Elektrizität), Georg Christoph Lichtenberg (positive und negative Elektrizität) u.a.m. dafür zu interessieren begannen.

Mit dem Aufkommen der Elektrisiermaschinen konnte die Elektrostatik einem breiteren Publikum zugänglich gemacht werden. Eines der ersten dieser Geräte mit einer drehbaren Schwefelkugel stammte von Otto von Guericke, der durch seine Vakuum-Experimente (Magdeburger Halbkugeln, 1654 ff.)¹ bekannt wurde. Später baute Francis Hauksbee Elektrisierapparate mit Glaskugeln (Abb. 1-1). Forscher wie Ewald J. Kleist (Leidener Flasche), Benjamin

¹ http://de.wikipedia.org/wiki/Magdeburger_Halbkugeln

Franklin (Blitzableiter), Alessandro Volta (Elektrophor) und Abraham Bennet (Elektroskop) trugen das ihre dazu bei, um die Phänomene der Elektrostatik gezielt im Experiment zu untersuchen.

Mit der Erfindung der Influenzmaschine (Holtz, Töpler, Wimshurst u.a.) stand dem Experimentator ein kräftiger Funkengenerator zur Verfügung, um einschlägige Laborversuche durchzuführen. Solche Maschinen können in technischen Museen bestaunt werden. In Kapitel 3 wird näher darauf eingegangen. Ihren Höhepunkt erreichte diese technische Entwicklung mit der Konstruktion des Bandgenerators (1929 ff.) durch Robert J. Van de Graaff (Abb. 1-2).

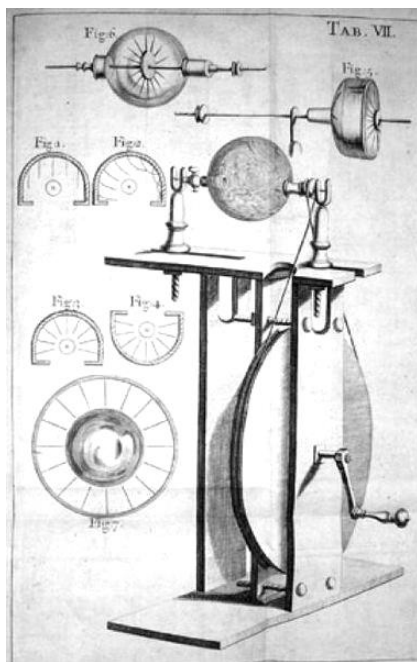


Abb. 1-1
Elektrisierungsmaschine von Hauksbee²

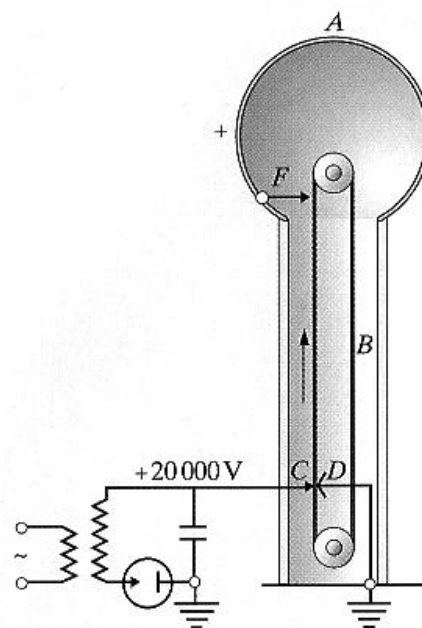


Abb. 1-2
Fremderregter Bandgenerator
nach Van de Graaff³

Auf ein Laufband aus einem nichtleitenden Stoff (z.B. Gummi) wird im Beispiel eine elektrische Ladung (C) aufgesprüht. Die Gegenelektrode (D) verbessert die Effizienz. Das Band transportiert die Ladung anschliessend in das Innere der Konduktorkugel, wo sie von einem Abstreifer (F) abgezogen wird und auf die äussere Kugeloberfläche wandert. Das Innere der Hohlkugel bleibt feldfrei. Durch permanente Ladungszufuhr steigt die Spannung am Terminal kontinuierlich an, um schliesslich einen konstruktiv bedingten Maximalwert zu erreichen. Nach einer Entladung durch eine zweite geerdete Kugel wiederholt sich der Vorgang. Die erzielbare Spannung ist von der Kapazität des Konduktors abhängig.

² http://de.wikipedia.org/wiki/Francis_Hauksbee

³ Gerthsen Physik

Für ein kugelförmiges Terminal gilt näherungsweise:

$$C = 4\pi \cdot r \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon_R$$

ϵ_0 Elektrische Feldkonstante

ϵ_R Relative Dielektrizitätszahl (Tabelle)

In praxi kann folgende Faustformel verwendet werden:

$$C = 1,1 r$$

C in Picofarad

Kugelradius in cm

Durch einsetzende Sprühentladungen kann die Spannung nicht beliebig hohe Werte annehmen. Die max. zulässige Feldstärke in trockener Luft für Vorentladungsfreiheit beträgt 25 kV/cm. Es gilt somit:

$$E_{\max} = \frac{U}{r} \quad \rightarrow \quad r_{\max} = \frac{U}{E}$$

Mit den im Physikunterricht eingesetzten Bandgeneratoren sind Spannungen bis ca. 1 Mio. Volt erzielbar. Noch grössere Spannungen sind bei frei laufenden Bandgeneratoren dann möglich, wenn der Radius der Konduktorkugel vergrössert wird. Der von Van de Graaff entwickelte „Round Hill Generator“ erzeugte Spannungen von 7 Mio. Volt (demzufolge hatte das Terminal den beachtlichen Durchmesser von ca. 5,6 m).

Der weltweit grösste luftisolierte Bandgenerator befindet sich im National Laboratory in Oak Ridge (Tennessee). Die Terminals Spannung beträgt 25 Mio. Volt. Bei diesem als „Pelletron“ bezeichneten Generator wurde das Ladeband durch eine spezielle Gliederkette aus voneinander isolierten Metallelementen ersetzt.

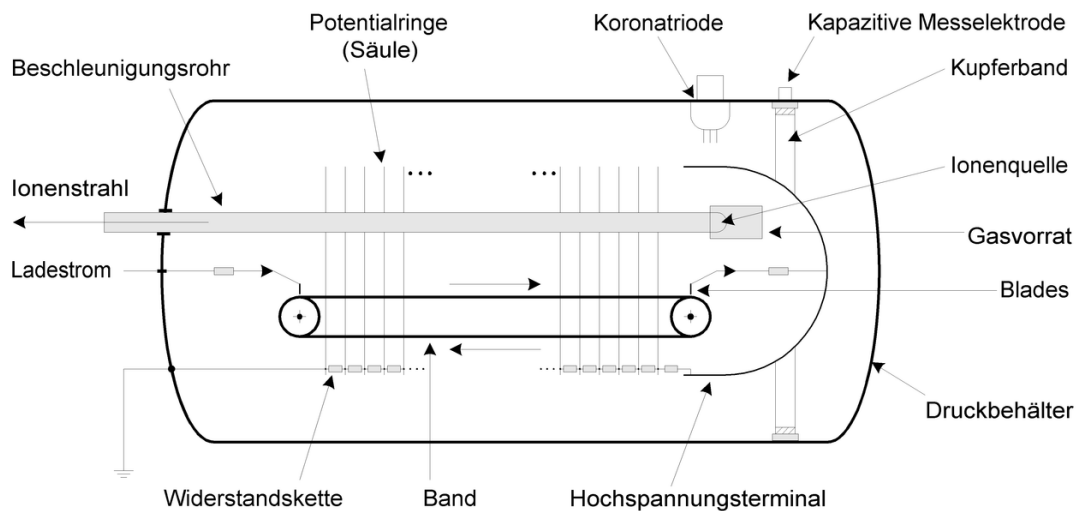


Abb. 1-3
Direktbeschleuniger mit Van de Graaff Generator⁴

Eine weitere Möglichkeit zur Spannungserhöhung besteht in der Verwendung eines isolierenden Mediums anstelle von Luft. Mit speziellen in Druckbehältern montierten Bandgene-

⁴ <http://de.wikipedia.org/wiki/Van-de-Graaff-Beschleuniger>

ratoren können auf diese Weise Spannungen bis 20 Mio. Volt erzeugt werden. Elektrostatische Hochspannungserzeuger dieser Bauweise werden z.B. in der Beschleunigerphysik (Abb. 1-3) eingesetzt.

Triboelektrizität

Aus dem Physikunterricht bekannt dürften Experimente der folgenden Art sein: Reibt man einen Glasstab mit einem Baumwolltuch, so lädt sich der Stab positiv auf. Folglich werden beim Reiben Elektronen vom Stab auf das Tuch übertragen, das dadurch negativ wird. Besonders geeignet für solche Versuche sind Katzenfell und Teflon. Ein adäquater Effekt stellt sich ein, wenn Luft durch ein PVC-Rohr strömt. Das Rohr lädt sich dabei negativ auf, was zu Problemen durch Büschelentladungen führen kann. Aus diesem Grund werden an exponierten Stellen elektrisch leitende Rohre verwendet, die mit einem Potentialausgleich verbunden sind. Ist solches aus konstruktiven oder materialtechnischen Gründen nicht möglich, werden in industriellen Anlagen Deionisatoren eingesetzt. Die mit solchen Geräten erzeugten freien Ladungsträger (Ionen, Elektronen) neutralisieren die aufgeladenen Objekte.

Tab. 1-1
Triboelektrische Stoffreihe

Luft	Stark positiv (geringe Elektronenaffinität)
Haut	
Asbest	
Fell	
Glas	positiv
Haar	
Wolle	
Papier	neutral
Baumwolle	
Bernstein	
Hartgummi	negativ
Polyester	
Polyurethan	
PVC	
PTFE (Teflon)	Stark negativ (grosse Elektronenaffinität)

Dieselbe Problematik ist aus der Textilindustrie bekannt, wo sich über Walzen laufende Stoffe elektrisch aufladen. Die durch Reibung erzeugte Spannung kann problemlos auf Werte von 20 kV ansteigen. Geht man über einen Kunststoffbelag und berührt eine metallene Türklinke, so entlädt sich die statische Ladung mit einem unangenehmen Stich. Im Dunkeln sieht man für einen Augenblick einen bläulichen Funken zwischen Finger und Türgriff.

Der *Cohnschen* Regel zufolge wird sich beim Reiben zweier Isolatoren derjenige positiv aufladen, der die grössere Permittivität (dielektrische Leitfähigkeit) besitzt. In praxi gibt es etli-

che Ausnahmen von dieser Regel. Entscheidend ist letztlich die unterschiedliche Elektronenaffinität⁵ (wie aus Tab. 1-1 ersichtlich ist). Je weiter zwei Stoffe in der empirisch ermittelten Stoffreihe voneinander entfernt sind, desto grösser ist der durch Reibung hervorgerufene Effekt.

Influenz

Unter Influenz verstehen wir die berührungslose Beeinflussung eines Probekörpers durch eine elektrische Ladung (Abb. 1-4). Das von der Ladung ausgehende elektrische Feld bewirkt eine Verschiebung der Ladungsträger des Probekörpers. Die Feldlinien gehen von der Quelle (positive Ladung) aus und enden an der Senke (negative Ladung). In metallischen Leitern werden die frei beweglichen Elektronen des Leitungsbandes von der einwirkenden Ladung angezogen oder abgestossen, so dass sich ausgeprägte Gebiete mit elektrischer Ladung herausbilden. Die influenzierten Ladungen wurden nicht von aussen zugeführt. Sie sind Teil der im neutralen Körper vorhandenen Ladungsverteilung. Die Ladungsverschiebung erfolgt auf der Oberfläche des Leiters. In Isolatoren (wo es keine freien Elektronen gibt) werden die Moleküle durch

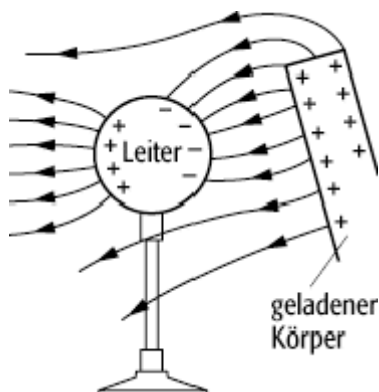


Abb. 1-4
Influenz⁶

das Fremdfeld zu elektrischen Dipolen verformt. Dasselbe geschieht bspw. mit Wasserteilchen im Hochfrequenzfeld eines Mikrowellenapparates. Allerdings handelt es sich in diesem Fall nicht um eine Anwendung aus der Elektrostatik, doch das primäre Prinzip ist dasselbe.

1.1.2 Ladung, Potential und Feld

Die elektrische Ladung

Das von Charles A. Coulomb (1736-1806) gefundene Kraftwirkungsgesetz zwischen elektrischen Ladungen ermöglichte die quantitative Beschreibung der Kraftwirkung zwischen zwei Ladungen. Formal besteht eine ersichtliche Isomorphie zum Newtonschen Gravitationsgesetz.

$$\mathbf{F} = k \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$$

Der Proportionalitätsfaktor k ist vom verwendeten Maßsystem abhängig.

Im Unterschied zur Gravitation gibt es bei der Elektrizität anziehende (attraktive) und abstossende (repulsive) Kräfte.

Das von einer Ladung ausgehende Feld kann durch die Kraftwirkung auf eine Probeladung nachgewiesen werden.

$$\mathbf{F} = q \cdot \mathbf{E}$$

Die Frage nach der Natur der Ladung (Feldquelle) bleibt dabei unbeantwortet.

⁵ <http://de.wikipedia.org/wiki/Elektronenaffinit%C3%A4t>

⁶ <http://www.techniklexikon.net>

Anm.: Die kleinste experimentell nachgewiesene freie Ladung (Versuch von Millikan, 1910)⁷ ist die Elementarladung ($e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; $1 \text{ C} = 1 \text{ As}$). Kleinere Ladungen wurden bisher im Experiment nicht nachgewiesen. Der Physiker Felix Ehrenhaft⁸ (1879-1952) war dagegen der Meinung, dass es auch Bruchteile der Elementarladung geben müsse. In der Quantenchromodynamik geht man bekanntlich davon aus, dass den Quarks eine drittelzahlige Ladung $e/3$ und $2e/3$ zukomme. Quarks – Bausteine der Hadronen (Protonen, Neutronen, Mesonen) – können aufgrund des „Confinements“ aber nicht isoliert beobachtet werden. Als ausgeprägter Nonkonformist war Ehrenhaft zudem davon überzeugt, dass es magnetische Monopole oder zumindest Magnete mit ungleich starken Polen geben müsse. Ehrenhafts durch Experimente angereicherte Vorlesungen an der Universität Wien waren eindrücklich, konnten für Erstsemester aber auch verwirrend sein, weil sie oft dem „accepted body of knowledge“ (also der allgemeinen Lehrmeinung) widersprachen. Beliebt waren z.B. die Experimente zur Photophorese.

Das elektrische Potential

Verschiebt man eine Probeladung im elektrischen Feld, so verändert sich ihre potentielle Energie. In einem Potentialfeld ist die aufzuwendende Arbeit unabhängig vom zurückgelegten Weg. Dieses Charakteristikum ist typisch für konservative Felder.

$$\oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{s} = 0$$

Das Potential ist „Arbeit pro Coulomb“ und besitzt demzufolge die Einheit einer Spannung (Volt).

$$\Phi = \frac{W}{q} = \mathbf{E} \cdot \mathbf{s}$$

Das Potential ist elektrische Spannung gegen einen Bezugspunkt (z.B. Masse, Ground, Erde).

Die elektrische Spannung ist gleich der Potentialdifferenz.

$$U_{12} = V_1 - V_2$$

Anm.: Im Unterschied zur Feldstärke (Vektor) ist die Spannung eine skalare Größe. Sog. Zählpfeile in elektrischen Schaltbildern sind keine Vektoren. Solches ist gut verständlich, wenn man bedenkt, dass das Potential ein Skalar und die Spannung eine Potentialdifferenz ist.

Das elektrische Feld

Elektrische Feldlinien beginnen oder enden immer senkrecht auf der Oberfläche eines Körpers. Es gibt Quellen- und Senkenfelder (Abb. 1-5). Flächen gleichen Potentials (Äquipotentialflächen) verlaufen stets senkrecht zu den Feldlinien (Abb. 1-6).

Im Unterschied zum Wirbel des magnetischen Feldes ist das Feld einer elektrischen Punktladung ein Quellenfeld, dessen Quellstärke bzw. -dichte durch die *Divergenz* beschrieben wird.

$$\text{div } \mathbf{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$$

Elektrische Felder sind Vektorfelder und somit durch Betrag und Richtung bestimmt.

⁷ <http://de.wikipedia.org/wiki/Millikan-Versuch>

⁸ J. Braunbeck: Der andere Physiker (Leykam)

$$\mathbf{E} = \mathbf{E}(r) = E \cdot \mathbf{e}_r$$

Die Feldstärke wird aus der Richtungsableitung (Gradient) des skalaren Potentials gewonnen.

$$\mathbf{E} = -\text{grad } \varphi \quad ; \quad \text{mit dem Nabla-Operator: } \mathbf{E} = -\nabla\varphi$$

Wem diese Begriffe gänzlich unbekannt sind, kann die damit assoziierten Formeln und Erläuterungen überspringen. Wer sich tiefer in die Thematik einarbeiten möchte, sei auf Kallenrode (Rechenmethoden der Physik) und ähnliche Literatur verwiesen. Besonders geeignet fürs Selbststudium ist z.B. Papula (Mathematik für Ingenieure). Empfehlenswert ist auch Weltner (Mathematik für Physiker).

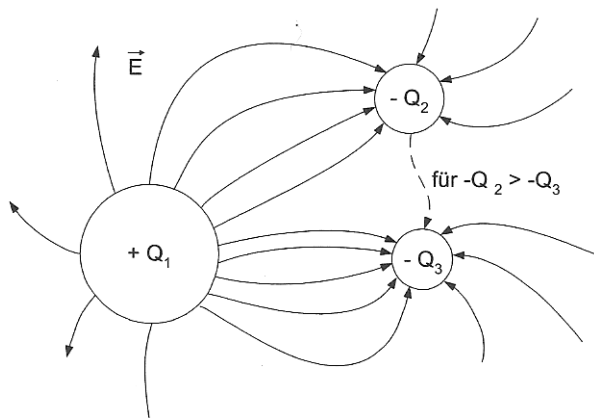


Abb. 1-5
Quelle und zwei Senken¹⁰

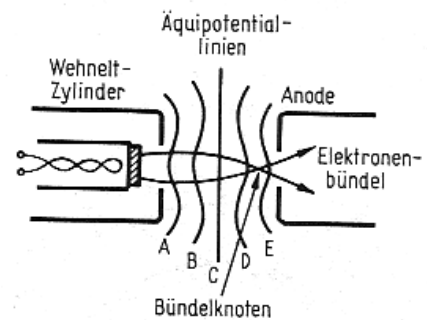


Abb. 1-6
Äquipotentiallinien in einer Kathodenstrahlröhre⁹

Anm.: In der Vektoranalysis kommt den Operatoren **grad** (Gradient), **div** (Divergenz) und **rot** (Rotation) eine wichtige Bedeutung zu (siehe z.B. Kallenrode,). Eingeführt in die Vektoranalysis wurde das Symbol eines auf dem Kopf stehenden Deltas durch den Mathematiker Peter Guthrie Tait (1831-1901). Die Namensgebung erfolgte durch den Theologen William Robertson Smith (1846-1894), den die Form an eine antike Harfe (griech. nabla) erinnerte.

Formal ist der Nabla-Operator (∇) ein Vektor, dessen Komponenten die partiellen Ableitungsoperatoren $\frac{\partial}{\partial x_i}$ sind. Quadrierung des Nabla-Operators erzeugt den Laplace-Operator: $\Delta = \nabla^2$.

Mit anwachsendem Gradienten ergibt sich eine steilerer Potentialverlauf. Der Gradient zeigt immer in die Richtung des stärksten Potentialanstieges, d.h. in die Richtung sog. Fall-Linien, und steht senkrecht auf den Äquipotentialflächen.

Poisson- und Laplace-Felder

Die Anwendung des Laplace-Operators auf das skalare Potential erzeugt zwei grundsätzliche Feldtypen.

a) Gradientenfelder, die aus einer Lösung der Poisson-Gleichung folgen, werden Poisson-Felder (auch Newton-Felder) genannt. Solche Felder sind wirbelfrei.

⁹ O. Limann, H. Pelka: Fernsehtechnik ohne Ballast (Franz)is)

¹⁰ G. Strassacker, R. Süsse: Rotation, Divergenz und Gradient (Teubner)

$$\Delta\varphi = \rho(\mathbf{r})$$

b) Gradientenfelder, die aus einer Lösung der Laplace-Gleichung folgen, werden Laplace-Felder genannt. Solche Felder sind wirbel- und quellenfrei.

$$\Delta\varphi = 0$$

Anm.: Laplace-Felder besitzen stets einen „Rand“ im Endlichen, während dieser bei den Poisson-Feldern im Unendlichen liegt.

Gesetz von Gauß

In Worten besagt das Gaußsche Gesetz (Divergenztheorem):

Der elektrische Fluss aus einer geschlossenen Fläche eines Volumens V ist proportional zur Summe der eingeschlossenen Ladungen.

Der diesbezügliche Sachverhalt ist aus Abb. 1-7 ersichtlich.

$$\Phi = \oint_A \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q}{\epsilon_0}$$

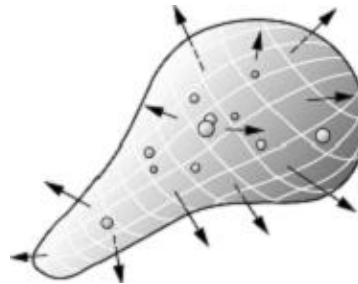


Abb. 1-7
Gaußsches Gesetz der Elektrostatik¹¹

1.1.3 Messmittel

Um den an praktischen Dingen interessierten Lesern eigene Experimente zu ermöglichen, werden nachfolgend einige der benötigten Gegenstände beschrieben.

Messung elektrostatischer Größen

Um Feldstärken, Potentiale und elektrische (Hoch)-Spannungen zu messen, werden geeignete Messinstrumente benötigt.

a) Eine der einfachsten Apparaturen, die auch von einem Laien hergestellt werden kann, ist das Blättchen-Elektroskop (Abb. 1-8). Zwei Streifen aus Blattgold stoßen sich gegenseitig ab, wenn die gemeinsame Zuführung mit einer elektrischen Ladung beaufschlagt wird. Die Abstoßung (Abstand) ist ein Maß für die Feldstärke. Dieses nicht allein aus historischen Gründen, sondern auch für einfache Versuche beliebte Elektroskop kann über die einschlägigen Lehrmittelvertriebe¹² bezogen werden.

¹¹ <http://www.techniklexikon.net>

¹² Lehrmittel und Didaktik: <http://www.phywe.de>; <http://www.ld-didactic.de>; <http://www.conatex.com>; <http://www.wenger-lehrmittel.de>; <http://www.wiemann-lehrmittel.de>



Abb. 1-8
Elektroskop¹³

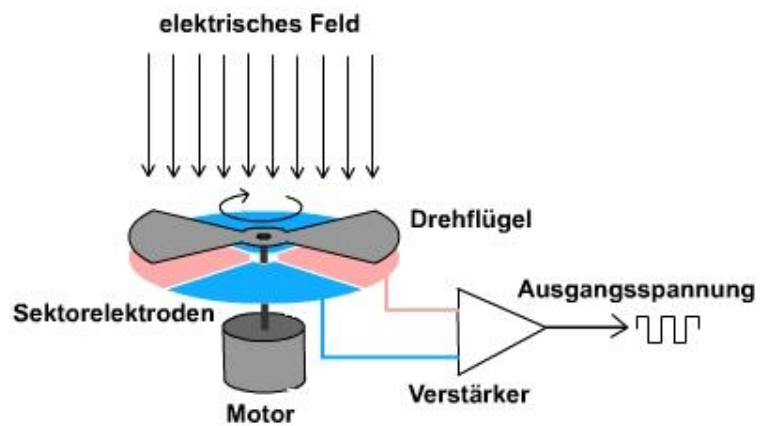


Abb. 1-9
Feldmühle¹⁴

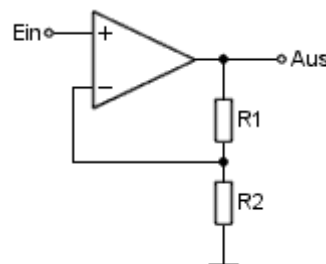
b) Aussagekräftige Messwerte werden mit der Feldmühle erzielt (Abb. 1-9). Ein im elektrischen Fremdfeld rotierendes Flügelrad überstreicht mit konstanter Winkelgeschwindigkeit mehrere Sektoren, die durch Influenz aufgeladen werden. Die abgegriffene Spannung wird einem Operationsverstärker (Op-Amp) zugeführt und elektronisch verarbeitet. Bei bekanntem Abstand zum Messobjekt kann so die elektrische Spannung oder die Feldstärke quantitativ bestimmt werden. Geräte dieser Art sind im Fachhandel erhältlich.

c) Für Präzisionsmessungen kann auch ein Elektrometer (Abb. 1-10) verwendet werden. Die Messgröße wird über einen hochohmigen Eingang einem nichtinvertierenden Operationsverstärker zugeführt und anschliessend verstärkt. Der Verstärkungsfaktor wird durch das Verhältnis der Widerstände (R1, R2) bestimmt. Die Bezeichnung "Elektrometerverstärker" hat diese Schaltung aufgrund ihres sehr hohen Eingangswiderstands bekommen.



a) Elektrometer von PHYWE

$$U_{OUT} = V \cdot U_{IN} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \cdot U_{IN}$$



b) Schaltung des nichtinvertierenden Op-Amp

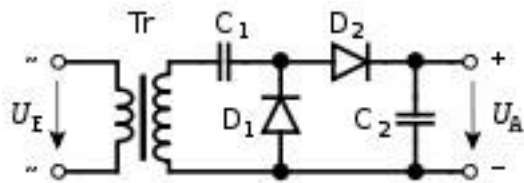
Abb. 1-10
Elektrometer – Gerät und Prinzipschaltung

¹³ <http://www.techniklexikon.net>

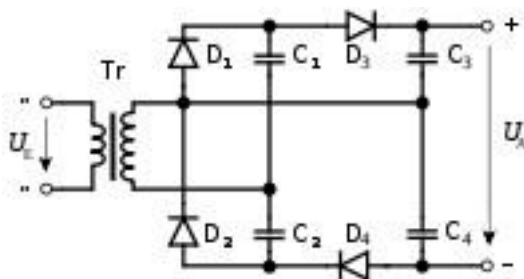
¹⁴ <http://www.rapp-instruments.de>

Hochspannungserzeuger

a) Hohe Gleichspannungen können auf verschiedenste Art und Weise erzeugt werden. Im unteren bis mittleren Spannungssegment (10 ... 50 kV) haben sich transportable Laborgeräte bewährt, die von verschiedenen Firmen angeboten werden. Für Gleichspannungen > 100 kV werden Bandgeneratoren oder Influenzmaschinen eingesetzt. Teslageneratoren eignen sich nur bedingt, weil damit keine Gleichspannungen erzeugt werden.



a) Spannungsverdoppler nach Greinacher



b) Spannungsvervielfacher nach Delon

Abb. 1-11

Spannungsvervielfacher

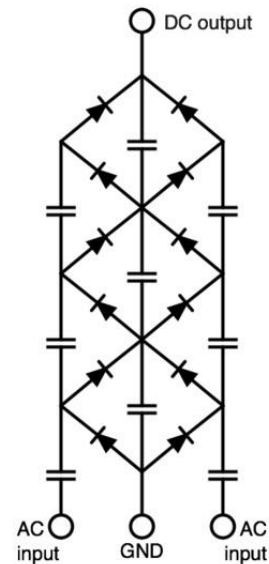


Abb. 1-12

Hochspannungskaskade nach Cockcroft-Walton

b) Bei Einsatz eines Hochspannungstransformators besteht die Möglichkeit, die Sekundärspannung gleichzurichten. Die einschlägigen Sicherheitsregeln sind dabei zu beachten. Einen Hochspannungseinweggleichrichter baut man sich – wo nötig – selbst, indem mehrere Dioden des Typs 1N4007 (1 kV, 1 A) aneinander gelötet werden. Zum Schutz werden die Dioden in ein Isolierrohr eingebracht. Für grössere Betriebsströme eignet sich z.B. der Typ BY1600 (1.6 kV, 3 A).

c) Für den Selbstbau besonders geeignet sind statische Spannungsvervielfacher, die relativ preiswert und mit einfachen Mitteln aufgebaut werden können (Abb. 1-11). Die Schaltungen sind nach ihren Erfindern benannt (Greinacher, Delon, Villard). Für eine Greinacher-Schaltung werden ausser einem Netztransformator lediglich zwei Dioden und zwei Kondensatoren benötigt. Allerdings ist bei dieser Schaltung die erzielbare Ausgangsspannung noch relativ gering. Mit einer n-stufigen Delon-Schaltung kommt man bereits auf grössere Spannungen. Einschlägige Beispiele finden sich in der Fachliteratur zuhauf.

d) Für sehr hohe Spannungen werden Hochspannungskaskaden (Abb. 1-12) verwendet. Komplett vergossenen Spannungskaskaden sind z.B. in TV-Geräten mit Farbbildröhre zu finden.

Aufgrund der hohen Spannungen müssen die Bauteile „spannungsfest“ sein (Beispiele Abb. 1-13).



Hochspannungskondensator
20 kV, 1 μ F



Vakuum High Power
RF-Capacitor
35 kV, 100 pF



Hochspannungswiderstand
96 kV, 105 W



Keramik-Kondensator
20 kV, 1'000 pF



Selen-Hochspannungsdiode
für s/w TV-Gerät

Abb. 1-13

Hochspannungsfeste Bauteile (zueinander nicht maßstabsgetreu)

Für Kapazitäten bzw. Kondensatoren empfehlen sich erfahrungsgemäss sog. „Door-knob“-Ausführungen. Ist genug Raum für den Aufbau vorhanden, eignen sich auch andere Bauformen. Zu beachten ist, dass sich die Spannungsfestigkeit meist auf den Spitzenwert U_{peak} bezieht. Diesem Kriterium ist besonders bei vorkommenden Stoßspannungen und bei impulsförmigem Signalverlauf entsprechende Beachtung zu schenken.

1.1.4 Influenzmaschinen

Prinzipiell kennt die Physik – wie bereits eingangs erwähnt – zwei Formen der Elektrizitätserzeugung, nämlich durch Reibung und durch Influenz. Reibungsmaschinen sind für unsere Zwecke von untergeordneter Bedeutung, so dass wir uns nachfolgend auf die Influenzmaschinen beschränken. In totto handelt es sich um rotierende elektrostatische Generatoren, die zur Spannungserzeugung das Prinzip der Ladungstrennung durch Influenz benutzen.

Historisch bedingt gibt es unterschiedlich konstruierte Influenzmaschinen, auf die hier nur vereinzelt nach Schwerpunkten eingetreten werden kann. Die wenigen der noch existierenden Maschinen sind in Technischen Museen zu bestaunen. Genannt seien die Töpler-Maschine, die Holtz-Maschine, die Lebiez-Maschine und die Voss-Maschine, die nach ihren Erfindern benannt wurden. Eine Sonderstellung nimmt der mit Wassertropfen betriebene Kelvin-Generator ein.

Elektrophor

Als Urform sämtlicher Influenzmaschinen gilt das seit Mitte des 18. Jahrhunderts bekannte *Elektrophor* (Abb. 1-14), bestehend aus einem Isolator („Harzkuchen“ genannt) und einer Metallplatte mit isolierendem Handgriff. In den Anfängen wurde für den Harzkuchen meist Karnaubawachs benutzt, welches in heissem Zustand auf einen Zinnteller gegossen wurde. Anstelle eines Zinntellers kann auch eine Grundplatte aus einem gebräuchlichen Metall

(Kupfer, Aluminium, Stahl) verwendet werden. Heutzutage benutzt man für Demonstrationsmodelle anstelle von Wachs andere dazu geeignete Ersatzstoffe (Teflon, Hartgummi und Plexiglas etc.) . Perfektioniert für die praktische Anwendung wurde das Elektrophor von Alessandro Volta (Elettroforo perpetuo, 1775). Ein mit ca. 2,5 Meter im Durchmesser grösstes Elektrophor soll sich im Labor des Göttinger Physikprofessors Georg Christoph Lichtenberg befunden haben. Mit diesem Apparat konnten beachtliche Funken von bis zu 40 cm Länge erzeugt werden.

Um eine elektrische Spannung zu erzeugen, wird der durch den rückseitigen Zinnteller geerdete Harzkuchen zunächst mit einem Katzenfell, mit Wolle oder mit Seide gerieben und damit durch Reibungselektrizität auf ein negatives Potential aufgeladen. Danach wird die Metallplatte auf den Kuchen gelegt, so dass sich durch Influenz auf ihrer Unterseite positive und auf der vom Kuchen abgewandten Seite negative Ladungen ansammeln. Nun wird die Platte kurzzeitig geerdet, so dass die negativen Ladungen zur Erde abfließen. Danach wird die Platte abgehoben, so dass ein positives Potential übrig bleibt. Zwischen dem

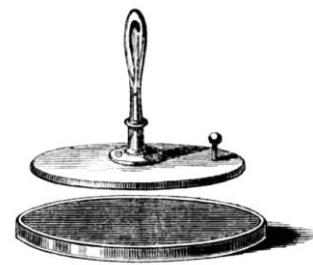


Abb. 1-14
Elektrophor (nach Wilke)

negativen Kuchen und der positiven Platte ist somit eine Potentialdifferenz vorhanden, die sich als abstandsabhängige elektrische Spannung bemerkbar macht. Die bei der Trennung der beiden Pole gegen die Coulombkraft zu erbringende Arbeit verbleibt als potentielle Energie in der Platte zurück. Nähert man einen geerdeten Metallstab, so kann aufgrund der Schlagweite festgestellt werden, wie gross die Spannung ist. Die bei einer Funkenentladung frei werdende elektrische Energie entspricht der zuvor beim Plattentransport aufgebrauchten mechanischen Arbeit. Damit ist die Energiebilanz ausgeglichen. Wird die entladene Platte erneut auf den geladenen Kuchen gelegt, so wiederholt sich der beschriebene Vorgang. Obwohl zwischen Kuchen und Platte kein Ladungstransport erfolgt, muss der Kuchen trotzdem in bestimmten Intervallen neu aufgeladen werden, weil er sich auch ohne menschliches Zutun langsam über die umgebende Luft entlädt. Die sich beim Elektrophor abspielenden Mechanismen werden in modifizierter Form beim Bandgenerator genutzt.

Elektret

Nicht unerwähnt bleiben soll das *Elektret*. Darunter versteht man eine Harzmischung (meist aus Karnaubwachs, Kolophonium oder Bienenwachs), die beim langsamen Abkühlen aus dem flüssigen Zustand heraus einem starken elektrischen Feld ausgesetzt wird. In erstarrtem Zustand bleibt die Ladungstrennung für lange Zeit erhalten, so dass sich Elektrete wie elektrisch geladene Körper verhalten.

Das Elektret bietet sich als Ersatz für den beim Elektrophor verwendeten und an sich ladungslosen Karnaubwachs an. Weitere Anwendungen finden sich bei modernen Mikrofonen (Kondensatormikrofon) und bei dem in Kapitel 9 beschriebenen Schappeller-Device, als einem mit einem Elektret ausgerüsteten Kugelreaktor.

Wimshurst Maschine

Charakteristisch für sog. Sektormaschinen sind die auf den Scheiben aussen aufgeklebten metallischen Sektoren. Bei der *Wimshurst*-Maschine (Abb. 1-15) dienen die Sektoren der ei-

nen Seite als "Induktoren" für diejenigen der andern Seite. Durch die Verdopplung erklärt sich die Effizienz dieser Maschine, die aufgrund ihrer hohen Spannung auch zum Betrieb von Röntgenröhren geeignet ist. Wie die meisten Influenzmaschinen benötigt die Wimshurst-Maschine in der Regel eine Starterladung, um den Influenzprozess in Gang zu setzen. Als Starter verwendet man z.B. einen piezoelektrischen Gasanzünder. Die Scheiben von ca. 30 cm Durchmesser rotieren in man durch einen gekreuzten Antriebsriemen für eine der beiden Scheiben, so dass für die Transmission problemlos ein einziger Antriebsmotor genügt. Im Hintergrund sind die beiden Leidenerflaschen erkennbar, welche die von den Scheiben über Sprühkämme abgezogene Ladung speichern. Bei genügend hoher Spannung kommt es zwischen den zwei im Vordergrund befindlichen verstellbaren Konduktoren zu einem Überschlag. Nur schwach erkennbar sind die beiden Ausgleicher, welche die diametralen Sektoren über Abnehmerbürsten verbinden.

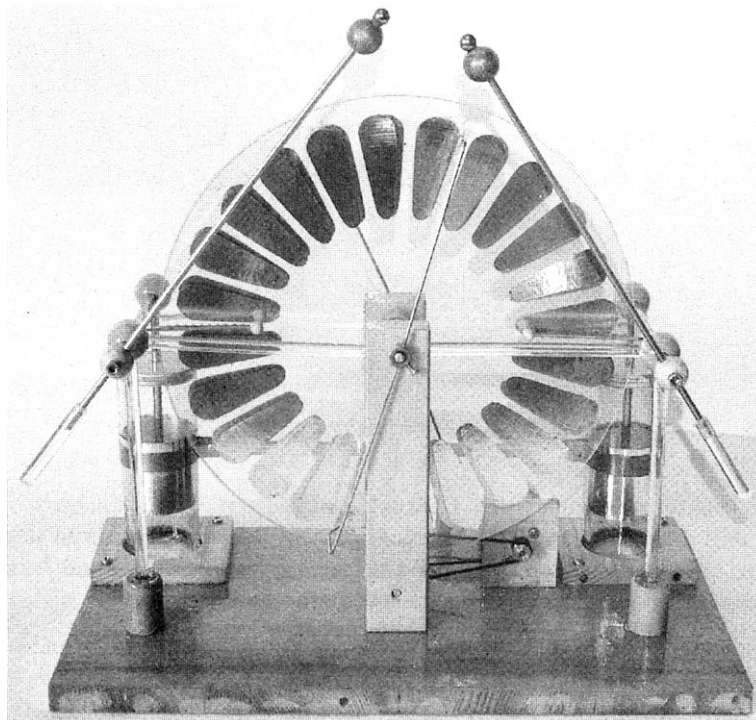


Abb. 1-15
Wimshurst-Maschine¹⁵

Mit etwas handwerklichem Geschick lässt sich diese Maschine für wenig Geld im eigenen Bastelraum herstellen. Das Plexiglas für die 3 bis 5 mm dicken Scheiben besorgt man sich im Baumarkt. Auch Polystrol ist dafür geeignet. Die Sektoren werden aus selbstklebender Alufolie ausgeschnitten und mittels einer Schablone auf die Scheiben aufgeklebt. Aluminiumstangen, Kugeln aus Holz und Metall sowie weitere Hilfsmaterialien sind im Heimwerker- und Bastelmarkt zu finden. Für die Leidenerflaschen werden Trinkgläser verwendet, die innen und aussen mit selbstklebender Alufolie versehen werden. Sprühkämme stellt der versierte Handwerker aus Grammophon- oder Stecknadeln her, die in einen metallischen Halter eingelötet werden.

Anm.: Für eine detaillierte Beschreibung der Wimshurst-Maschine verweise ich auf das in der Fussno-

¹⁵ Th. Rapp: Experimente mit elektrostatischen Phänomenen (Franzis)

te erwähnte Buch von Thomas Rapp.

Bonetti-Maschine

Wesentlich wartungsärmer, weil ohne der Abnutzung unterworfenen Sektoren auskommend, ist die *Bonetti-Maschine* (Abb. 1-16). Auch hier muss beim Start zuerst eine Initialladung zugeführt werden. Im Prinzip gleicht die Bonetti-Maschine der zuvor beschriebenen Wimshurst-Maschine, ausser, dass sektorlose Kunststoffscheiben verwendet werden.

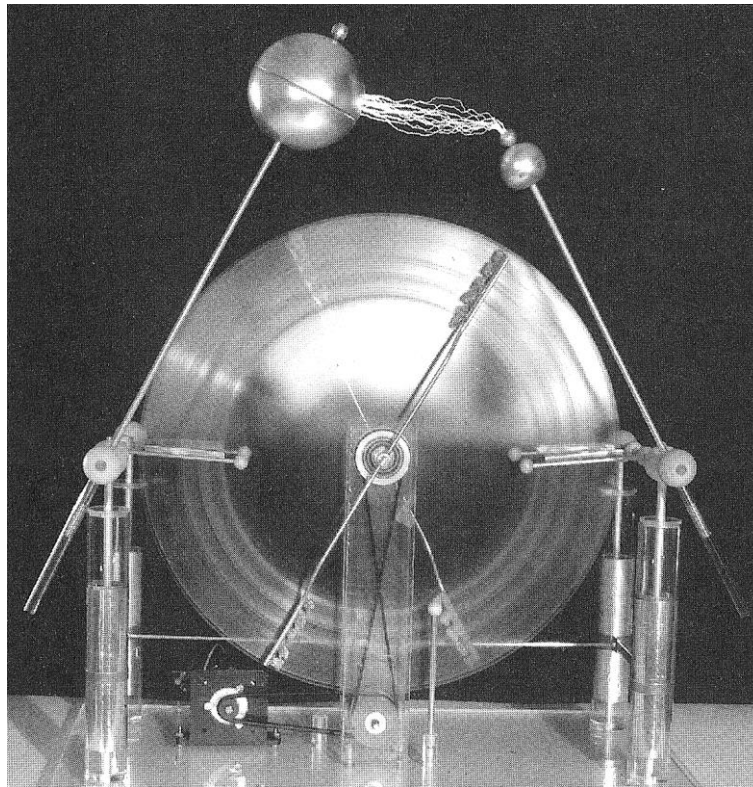


Abb. 1-16
Funkenüberschläge an einer Bonetti-Maschine¹⁶

Besser geeignet für die Herstellung der Leidenerflaschen anstelle von Glas sind Kunststoffe mit einem hohen spezifischen Widerstand (z.B. Plexiglas oder Polystrol). Sprühkämme lassen sich auch ohne eingelötete Nadeln durch auf einen Vierkantstab fixierte Streifen aus gezacktem Kupferblech herstellen. Zum Zuschneiden des Bleches verwendet man mit Vorteil eine Zickzackschere. Für die Büschel an den Ausgleichern benutzt man feinste Stahlwolle. Auch einzelne Drähte aus einer Kupferlitze oder dünne Messingborsten von einer Handbürste erfüllen den beabsichtigten Zweck. Als Scheibenantrieb kann der Getriebemotor aus einem alten Akkuschauber verwendet werden. Dimmbare Universalmotoren von ausrangierten Handbohrmaschinen sind auch geeignet. Allenfalls muss hier zuerst der Kollektor überdreht werden, was bekanntlich nicht jedermanns Sache ist. Für einen ruhigen Rundlauf empfiehlt sich ferner die Verwendung von Wälzlagern, die mittig auf die Scheiben geleimt werden. Als Lagerböcke dienen einfache Aufbauten aus Aluminium, lackiertem Holz oder Acrylglas. Massgebend für die Festigkeit ist die maximale zu erwartende Belastung.

¹⁶ Ebenda

Anm: Elementare Kenntnisse der technischen Mechanik und/oder praktische Erfahrungen aus dem Modellbau und der Elektronik sind hier zweifellos von Nutzen. Ausser den üblichen in der manuellen Fertigung verlangten Fähigkeiten sind Grundkenntnisse in der Zerspanung (Drehen und Fräsen) von Vorteil. Geeignete Kleindrehmaschinen sind bereits für 1'000 EUR zu bekommen. Ebenso erleichtern dem Anwender einschlägige Erfahrungen im Weich- und Hartlöten die Arbeit. Wer sich diesbezügliche Kenntnisse aneignen möchte, sei auf die Sachliteratur am Ende dieses Kapitels verwiesen.

1.2 Experimentelle Ausgangssituation

Die nachfolgend skizzierten Versuche sind heutzutage den meisten Physikern und Elektrotechnikern unbekannt. Aufgrund der von Piggott und Nipher aufgezeigten Merkwürdigkeiten sind sie einer näheren Betrachtung wert. Im Prinzip sollen die Phänomene in einen Gesamtkontext eingeordnet werden.

1.2.1 Versuch von Piggott

George Piggott benutzte als Hochspannungsquelle für seine im Jahre 1904 durchgeführten Experimente¹⁷ (Abb. 1-17) einen Wimshurst-Generator. Dazu kam verschiedenes Equipment.

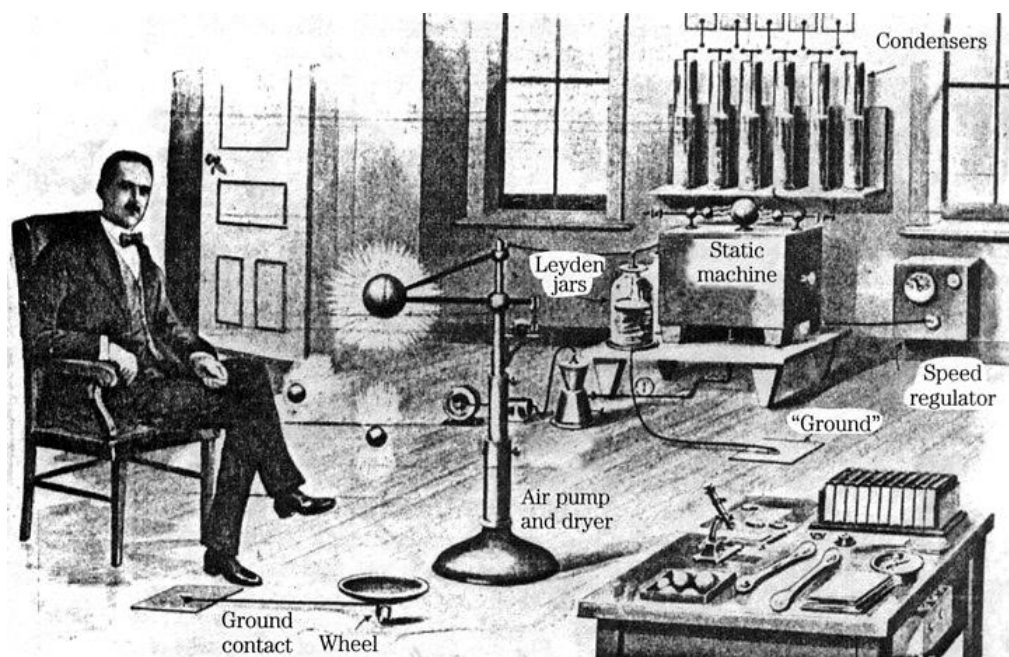


Abb. 1-17
Piggott in seinem Labor¹⁸

Mit der abgegebenen Hochspannung von ca. 500 kV wurde eine Metallkugel aufgeladen, die auf einem isolierenden Stativ befestigt war. Auf dem Boden unterhalb der Kugel befand sich ein geerdeter Fusskontakt. Es gelang dem Experimentator, kleine Kugeln aus unterschiedlichen Stoffen (Wassertropfen, Kork, Holz, Metalle) im Hochspannungsfeld schweben zu las-

¹⁷ G. Piggott: Overcoming Gravitation (Electrical Experimenter, 1920)

¹⁸ <http://www.rexresearch.com>

sen. Das Erstaunliche war, dass sich die Kügelchen in einer auffallenden Auf- und Abbewegung in ihre stationäre Schwebeposition einpendelten. Merkwürdig war auch, dass ein frisch abgeschnittenes Stücklein aus Ahornholz ohne Unterlass zwischen Feldmitte und Fusskontakt oszillierte. Eine erwärmte Silberkugel blieb unterhalb der Feldmitte stehen und stieg erst mit einsetzender Abkühlung in die Endlage empor.

Resume: Dieses Experiment ist mit den Gesetzen der Elektrostatik nicht befriedigend zu erklären. Der Schreiber vermutet, dass sich im Einflussbereich starker Felder eine zusätzliche Kraftwirkung manifestiert, die im Generalkontext den Gesetzen der „Elektrogravitation“ folgt. Die praktische Nutzenanwendung wird im Kapitel 2 (Elektrokinetik) behandelt.

1.2.2 Versuch von Nipher

Francis Nipher, Professor für Physik an der Washington Universität in St. Louis (Missouri), führte 1917 eine Versuchsreihe¹⁹ mit massiven Bleikugeln (Abb. 1-18) unterschiedlicher Grösse durch. Die grössere der beiden Kugeln besass einen Durchmesser von 10 Zoll und befand sich auf einer isolierenden Unterlage. Die kleinere Kugel hatte einen Durchmesser von 1 Zoll und war an einem Seidenfaden im Innern eines Metallkastens, der als Faradayscher Käfig diente, befestigt. Ein Kupferdraht zwischen der grossen Kugel und dem Metallgehäuse diente als Potentialausgleichsleiter.

Das Innere des Behälters kann folglich als völlig feldfrei betrachtet werden.

$$\mathbf{E}(\mathbf{r}) = 0$$

Aufgrund des Gaußschen Gesetzes ist unter den gegebenen Randbedingungen nichts anderes zu erwarten. Spiegelladungen kommen als Ursache auch nicht in Frage, weil die Probekugel ladungsglos ist.

$$\operatorname{div} \mathbf{E}(\mathbf{r}) = 0$$

Kritiker wenden hier gerne ein, dass sich die kleine Kugel allmählich über den Faden auflädt. Die Leitfähigkeit der üblichen Isolierstoffe²⁰ ist allerdings äusserst gering. Selbst bei einer Aufladung ist nicht ersichtlich, weshalb die Probekugel in eine bestimmte Richtung ausgelenkt wird. Das Phänomen verlangt daher nach einer plausibleren Erklärung!

Etwa 20 Minuten, nachdem die grosse Kugel mit Hochspannung beaufschlagt wurde, reagierte die kleine Kugel mit einer Auslenkung von ca. der doppelten Grösse der Gravitationskraft, um sich langsam von der grossen Kugel zu entfernen. Messungen mit einer Torsionswaage bestätigten diesen unerwarteten Effekt. Die Auslenkung war nachweislich von der Stärke des elektrischen Feldes abhängig. Wurde die grosse Kugel durch eine Hohlkugel ersetzt, so erfolgte keine Reaktion. Offensichtlich stand das seltsame Phänomen auch mit der Masse in einem bestimmten Zusammenhang. Vielleicht kam auch dem Werkstoff eine mitbestimmende Funktion zu. Der umgebende Metallbehälter besass überall dasselbe Potential, so dass sich eventuell vorhandene Felder aufheben mussten.

¹⁹ F. Nipher: Gravitational Repulsion (Trans. Acad. Sci. of St. Louis; Bd. 23, 1916/1917)

²⁰ Polyamid 6.6 besitzt eine Leitfähigkeit von $1e-12/(\Omega \cdot m)$.

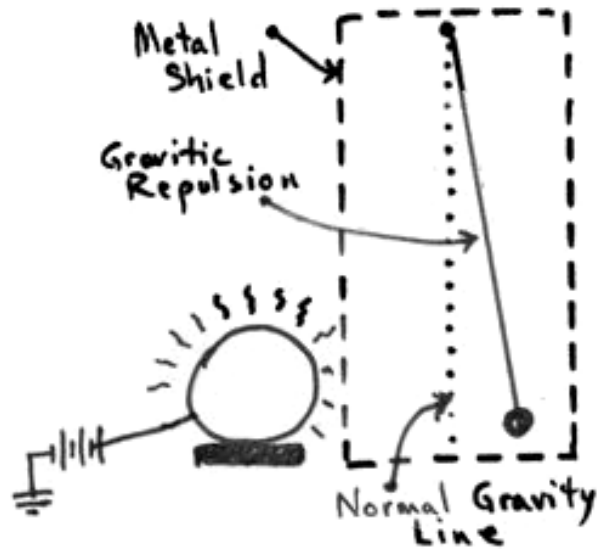


Abb. 1-18
Versuch von Nipher²¹

Resume: Wie bereits bei den Versuchen von Piggott lässt sich das Geschehen mit der klassischen Elektrizitätslehre nicht befriedigend deuten. Ausser den bekannten elektrostatischen Kräften manifestiert sich eine zusätzliche Komponente.

1.2.3 Raumenergiekonversion nach Turtur

Erfreulich zu vermelden ist, dass sich inzwischen auch Hochschulprofessoren mit unkonventionellen Ideen der Energiekonversion befassen. Damit sind nicht etwa die bereits seit Jahrzehnten bekannten „erneuerbaren Energien“ wie Wind und Sonne usw. gemeint. Es handelt sich um völlig neuartige Ansätze. Einer dieser Nonkonformisten aus dem Umfeld der Raumenergie-Enthusiasten ist der promovierte Physiker Prof. Claus Turtur²² von der Fachhochschule Wolfenbüttel. Von ihm stammen zwei grundsätzliche Ideen der Energiekonversion, die hier kurz vorgestellt werden. Turtur belies es nicht bei der Theorie, sondern baute selbst einen kleinen elektrostatischen Antrieb.

Elektrostatischer Flügelzellenrotor

Turtur hat einen Flügelzellenrotor (Abb. 1-19) konstruiert, welcher dem Nachweis der Konversion von Raumenergie in mechanische Energie dienen soll. Dazu liess Turtur ein kleines Flügelzellenrad im elektrischen Feld einer mit Hochspannung beaufschlagten Scheibe rotieren. Der Versuch funktioniert im Vakuum besser als in der Luft, so dass Sprühentladungen als Primärursache wegfallen. Leider ist das erzeugbare Drehmoment äusserst gering. In normaler Atmosphäre kommt der Rotor bereits nach kurzer Zeit zum Stillstand. Dieses Faktum geht aus einer Versuchsreihe der Ingenieure Chmela und Smetana²³ hervor. Ob sich irgendwann eine technisch nutzbare Anwendung realisieren lässt, ist fraglich. Verbesserungen wären aber möglich.

²¹ <http://www.rexresearch.com>

²² <http://www.ostfalia.de/cms/de/pws/turtur/>

²³ <http://www.hcrs.at/TURTUR.HTM>

Anm.: Der Schreibende empfahl Prof. Turtur in einem Mail die Verwendung von Gleichspannungspulsen anstelle eines statischen Feldes. Diese bereits von Nikola Tesla angewandte Methode hätte zweifellos einen Effizienzgewinn zur Folge gehabt. Eine positive Reaktion seitens des Angesprochenen blieb leider aus. Vermutlich war er zu stark auf seine eigenen Ideen fixiert.

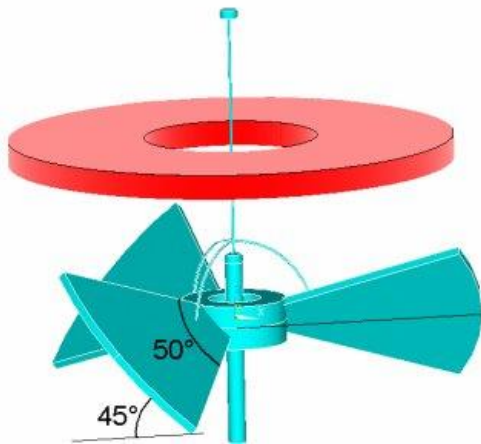


Abb. 1-19
Flügelzellenrotor nach Turtur

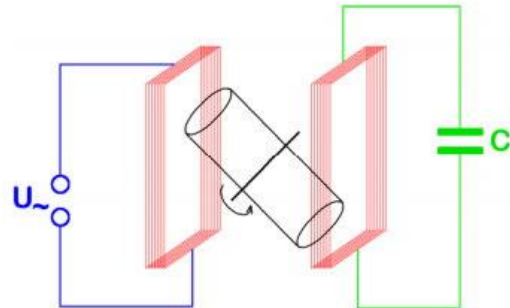


Abb. 1-20
Prinzip des EMDR-Konverters²⁴

EMDR-Konverter

Ein zweites Gerät zur Nutzung der Nullpunktenergie, das Turtur im Rahmen seiner Forschungstätigkeit allerdings nur gedanklich entwickelte, ist der Elektromechanische Doppel Resonanz Konverter (EMDR-Konverter).²⁵ Turturs diesbezügliche Abhandlung wurde vom Schreibenden allerdings mit Skepsis zur Kenntnis genommen. Im Prinzip besteht das Gerät aus einem Schwingkreis und gekoppelten Spulen, zwischen denen sich ein drehbarer Magnet befindet (Abb. 1-20).

Leitgedanke ist ein magnetischen Analogon zum angeschnittenen Paradoxon des elektrostatischen Feldes. Diese Idee wurde vom Publikum anscheinend mit Begeisterung aufgenommen. Etliche Laien versuchen sich inzwischen an derartigen Konstruktionen. Im Welt-netz sind diverse Kurzfilme zu finden. Ob die Leitidee wirklich von allen Anwendern im beabsichtigten Sinne verstanden wurde, ist jedoch fraglich. Nach Ansicht des Schreibenden handelt es sich bei einigen der vorgestellten Konverter um Geräte, die auf bekannten Gesetzmässigkeiten basieren, welche nun in aufgefrischter Form vorgestellt werden.

1.4.3 Feldphysik in neuem Kleid

Bekanntlich ist die von Coulomb mitbegründete Elektrostatik als Fernwirkungstheorie aufzufassen. In realiter vollzieht sich jeder Aufbau eines elektrischen Feldes mit endlicher Geschwindigkeit.

Turtur äusserte sich zu diesem bekannten Sachverhalt wie folgt:

...im Sinne der klassischen Elektrodynamik, bei der Ausbreitungsge-

²⁴ Ebenda: Nutzung von Vakuumenergie: Theoretische Grundlagen und ein Beispiel für einen Raumenergie-Motor (2011)

²⁵ C. Turtur: Technical Design and Drawings for a Prototype of a ZPE-converter to the EMDR-Principle (2011)

schwindigkeit der Feldstärke nicht auftaucht, sondern von einer instantanen Ausbreitung der Felder ausgegangen wird.²⁶

Zu präzisieren ist dabei, dass bereits die klassische Elektrodynamik (sowohl die Webersche als auch die Maxwellsche) eine endliche Ausbreitungsgeschwindigkeit der Felder bzw. Wellen kennt. Wenn Turtur z.B. die Arbeiten von Michael Faraday studiert hätte, wäre ihm dieser Lapsus erspart geblieben. Die Feldbildung selbst folgt einem noch unbekanntem Prinzip. Wenn der Schreibende den Professor richtig verstanden hat, soll von der Feldquelle eine Strömung ausgehen. Die daran beteiligten Teilchen (Raumquanten?) sollen dem Quantenvakuum entstammen und wieder in dieses zurückströmen. Beim Passieren des Flügelzellenrades wird durch diese Strömung ein Drehmoment hervorgerufen.

Lukert, Heilpraktiker und Anhänger der "Freien Energie", begeisterte sich in einem Jubelartikel mit der vollmundigen Behauptung:

Und es ist hiermit erwiesen, dass aus elektrischen Ladungen ein fortwährender Kraftfluss ausströmt, der in mechanische Energie umgewandelt und auf natürliche, überaus ansprechende Weise sichtbar gemacht werden kann.

Eigentlich ein ketzerischer Gedanke, der nach einer Modifikation der Quantenphysik ruft. Unter Zulassung eines Äthers ist das Prinzip leichter zu durchschauen. Turtur spricht zwar nicht von Ätherkräften wie die Altvorderen, sondern lieber (vermutlich in Anlehnung an Puthoff und Haisch) von "Nullpunktenergie" (Zero point energy). Als Beleg wird gerne der Casimir-Effekt²⁷ herangezogen. Die zugrunde liegende Idee besagt, dass dem Vakuum selbst im Grundzustand eine innere Dynamik zukommt, die sich in Fluktuationen virtueller Teilchen äussert. Im Kontext ist auch von Nullpunkt(s)feldern die Rede. Ziel eines jeden Experimentators aus dem Umfeld der Raumenergieszene ist es somit, diesen unerschöpflichen Energievorrat durch geeignete Geräte anzuzapfen und in technisch nutzbare Formen umzuwandeln.

Quo vadis, Herr Professor?

Anfänglich vertrieb Turtur seine Entdeckungen mit enthusiastischem Touch. Inzwischen ist er – durch bestimmte Erfahrungen gewitzigt – ersichtlich zurückhaltender geworden. Etwas irritierend ist in unseren Augen, dass er sich dem NET-Journal (einer esoterisch verbrämten Zeitschrift des Jupiter-Verlages) als Apologet der Raumenergie zur Verfügung gestellt hat. Die von einigen Personen geäußerte Kritik²⁸ ist teilweise zutreffend. Dem Journal zufolge sah sich der Professor bereits in göttlicher Mission unterwegs! Eine nach aussen zwar demütig wirkende Haltung, die aber im Kern lediglich den Egotrieb befriedigt. Menschlich gesehen ist es eine nachvollziehbare Reaktion, wenn man bedenkt, dass Turtur an einer wenig bedeutenden Fachhochschule tätig ist, wo ein Grossteil seiner Tätigkeit im Korrigieren von Prüfungsaufgaben bestehen soll. Solches zumindest konnte einem Artikel der TAZ entnommen werden:

Nur das Leben als Fachhochschulprofessor hatte er sich so eben doch nicht vorgestellt: Keine Labors, um seine werkstoffkundlichen Versuche fortzusetzen, kein Forschungsetat, und im Gegenzug bergeweise Klausuren zum Semester-Ende. Pro forma steht die Forschung im Arbeitsvertrag. [...] Zwei Kollegen haben sich dazugesetzt, und die

²⁶ Ebenda: Wandlung von Vakuumenergie elektromagnetischer Nullpunktsoszillationen in klassische mechanische Energie (2009)

²⁷ <http://de.wikipedia.org/wiki/Casimir-Effekt>

²⁸ http://esowatch.com/ge/index.php?title=Claus_Wilhelm_Turtur

bewegt eine andere Frage, nämlich wer mit welchen Klausuren durch ist. Doch, doch, die Werkstoffkunde hat Herr Turtur schon fertig. Seine Physik noch nicht...²⁹

Für einen Physiker, der sich deutlich zu Höherem berufen fühlt, muss dies eine auf Dauer höchst unbefriedigende Situation sein. Die sich durch die Publikationen und Vorträge einstellende Zuwendung eines oft unkritischen Publikums erwies sich aus dieser Perspektive als Ausweg, um der Monotonie des Alltags zu entfliehen. Offensichtlich gab es mit der Zeit gewisse Probleme im Lehrkörper. Das würde die plötzliche Einstellung der Forschungen erklären. Möglich ist natürlich auch, dass Turtur seinen Beitrag zur Raumenergiekonversion als erfüllt betrachtet. Mögen andere nun seine Arbeiten fortsetzen. Ein weiterer Punkt ist, dass des Professors Budget schmal bemessen ist, was umfangreiches Experimentieren kaum zulässt. Zugute halten muss man immerhin, dass die bisherigen Experimente aus eigener Tasche finanziert wurden.

Dass sich Turtur überhaupt auf das Feld spekulativer experimenteller Forschung vorgewagt hat, ist deshalb erstaunlich, weil sein eigentliches Fachgebiet die angewandte Festkörperphysik ist. Praktische Erfahrung in der Quantenphysik besitzt Turtur so gut wie keine. Zuvor hat Turtur zwei Bücher geschrieben, die als Prüfungstrainer für Mathematik und Physik gedacht sind. Im Europäischen Hochschulverlag ist ferner das Buch "Wandlung von Vakuumenergie" (1. Aufl. 2009) erschienen. Beim Lesen erweist sich die auch an anderen Stellen zutage tretende Neigung zu ausschweifenden Rechnereien nicht immer als förderlich. Doch selbst in dieser seiner Lieblingstätigkeit ist der Professor zuweilen zerstreut. Als Physiker sollte er zumindest in der theoretischen Elektrotechnik bewandert sein; doch selbst dies erscheint zuweilen fraglich.

Resume: Ein gründliches Repetitorium der elektrischen Phänomene sei dem Professor dringlichst empfohlen. Durchgerechnete mathematische Modelle sind das eine, eine ingenieurmässige Durchdringung der Thematik etwas völlig anderes. Eine umfassende Einführung in die Wirkungsweise elektrostatischer Antriebe findet sich z.B. bei Oleg D. Jefimenko.³⁰

²⁹ TAZ, Herrn Turturs Physik (2009)

³⁰ O.D. Jefimenko: Electrostatic Motors - Their History, Types And Principles of Operation (Electret Scientific Co., Star City, 1973)

Quellenverzeichnis

Die fachtechnische Literatur zur Elektrotechnik, Mathematik und Physik ist auch für andere Kapitel dieses Buches von Nutzen.

Elektrotechnik

Reinhold Pregla: Grundlagen der Elektrotechnik (Hüthig)

Rainer Ose: Elektrotechnik für Ingenieure, 2 Bde. (Fachbuchverlag Leipzig)

Karl Küpfmüller: Theoretische Elektrotechnik (Springer)

Andreas Küchler: Hochspannungstechnik (Springer, VDI)

Adolf J. Schwab: Begriffswelt der Feldtheorie (Springer)

Mathematik

Klaus Weltner: Mathematik für Physiker, 2 Bde. (Springer)

Lothar Papula: Mathematik für Ingenieure, 3 Bde. (Vieweg)

May-Britt Kallenrode: Rechenmethoden der Physik (Springer)

Hans J. Korsch: Mathematische Ergänzungen zur Einführung in die Physik (Binomi Verlag)

Physik

Helmut Vogel (Herausgeber): Gerthsen Physik (Springer)

Helmut Lindner: Physik für Ingenieure (Fachbuchverlag Leipzig)

Wolfgang Demtröder: Experimentalphysik, 4 Bde. (Springer)

Metall- und Elektronikpraxis

Thomas Riegler: Löten wie ein Profi (VTH)

José Antonio Ares: Gestalten mit Metall (Haupt Verlag)

Jürgen Eichhardt: Drehen für Modellbauer, 2 Bde. (VTH)

Jürgen Eichhardt: Fräsen für Modellbauer, 2 Bde. (VTH)

Hans-Jürgen Humbert: Grundlagen der Metallbearbeitung (VTH)

Adrian Schommers: Elektronik gar nicht schwer, 5 Bde. (Elektor)

Erwin Böhmer: Elemente der angewandten Elektronik (Vieweg + Teubner)

Thomas Rapp: Experimente mit elektrostatischen Phänomenen (Franzis)