



## LERNZIELE

## Kenntnisse über

- die vier entscheidenden Epochen mit den jeweils charakteristischen Entdeckungen zur Stromerzeugung
- die bedeutendsten Weiterentwicklungen seit den fünfziger Jahren

Bereits im Altertum entdeckten die Griechen eine Erscheinung der Elektrizität: die elektrostatische Aufladung. Wurde Bernstein mit Tüchern oder Fellen gerieben, so zog dieser kleine Partikel wie Papierstückchen oder Holundermarkkugeln an. Die Griechen bezeichneten die Erscheinung als „Elektron“ = das Strahlende, das Leuchtende. Aus diesem Wort bildete sich das heutige Wort „Elektrizität“.

Der römische Arzt Scribonius **Largus** (14–54 n. Chr.) berichtet in seiner berühmten Rezeptsammlung „Compositiones Medicae“ über die Behandlung von Kopfschmerzen oder Gicht mit elektrischen Impulsen eines Zitterrochen. Zitterrochen, Zitteraale oder Zitterwelse erzeugen Spannungsschläge zwischen 300 und 800 V. Der



Abb. 1.1. Behandlung mit den Stromimpulsen eines Zitterrochen

Rochen wurde dem Patienten je nach zu behandelndem Körperteil entweder über den Kopf gehalten (s. Abb. 1.1) oder unter die Füße gelegt.

Ebenso nutzten die Ärzte **Galenos** (Galen, um 129–199 n. Chr.), **Dioscurides** (geb. um 70 n. Chr.) und **Plinius** (geb. um 23/24 n. Chr.) diese Methode zur Schmerzlinderung.

## 1.1 Reibungselektrizität: Franklin-Epoche

Im Jahr 1660 konstruierte der Magdeburger Bürgermeister Otto von **Guericke** (1602–1689) die erste **Reibungselektrisiermaschine** mit einer rotierenden Schwefelkugel als Reibungskörper. Durch Reiben z. B. mit einem Tuch lädt sich die Kugel elektrisch so stark auf, dass sie Papier oder Federn elektrostatisch anziehen oder abstoßen kann. Andere, wie z. B. Abbé **Nollet** (1700–1770), taten es ihm nach und es folgte der Bau unterschiedlicher Reibungselektrisiermaschinen (s. Abb. 1.2).

Der Arzt Christian Gottlieb **Kratzenstein** (1726–1790) nutzte 1741 als Erster eine **Elektrisiermaschine** zur medizinischen Therapie. 1745 verfasste er das erste Buch über Elektrotherapie: „Abhandlungen von den Nutzen der Elektrizität in der Arzneiwissenschaft“.

Diese therapeutische Anwendung der Reibungselektrizität wurde später nach Benjamin **Franklin** (1706–1790) als **Franklinisation** bekannt, obwohl Franklin an der Entwicklung dieser Methode keinen Anteil hatte. Dessen Leistungen bestanden vielmehr in der Erforschung der elektrischen Natur der Blitze und der Erfindung des Blitzableiters.

Mit Hilfe der Elektrisiermaschinen konnten jedoch nur kurze Stromstöße erzeugt werden. Diese wurden zur Schmerzlinderung und zur Stimulation spontaner Muskelkontraktionen eingesetzt, so wie in der Gegenwart die Reizströme. Auf diese Weise wurden beispielsweise Finger bei der Behandlung der Dupuytrenschen Kontraktur mit Stromstößen gereizt.

**Wehrsen** baute später als Erster eine Elektrisiermaschine, die Elektrizität durch Influenz erzeugt (s. Abb. 1.3).

1745 entdeckten Prof. **Muschenbroek** aus Leiden (Holland) und der Dekan **Kleist** unabhängig voneinander die Möglichkeit der kurzzeitigen Speicherung der mit Hilfe von Elektrisiermaschinen erzeugten Elektrizität. Sie bauten die nach ihnen benannten **Leidener** und **Kleist'schen Flaschen**, die in Aufbau und Funktion dem heutigen Kondensator (s. Kap. 2.2.2, S. 28) entsprechen.

## 1.2 Chemische Elektrizität: Galvani-Volt-Epoche

Im Jahre 1773 beobachtete **Galvani** (Arzt in Bologna, 1737–1798), dass Froschschenkel zucken, wenn sie mit Kupferhaken an ein Eisengitter gehängt werden. Dieser Versuch wurde später als galvanisches Experiment bekannt. Galvani erkannte, dass das Zucken von einer elektrischen Reizung der Muskeln verursacht wird, vermutete aber fälschlicherweise die Quelle der Elektrizität in den Froschschenkeln selbst. In seinem Werk „De viribus electricitatis in motu musculari commentarius“ sprach er daher von „animalischer Elektrizität“ (s. Abb. 1.4).

Alexander von Humboldt, ein Anhänger Galvanis, der dessen Lehre gegenüber Volta verteidigte, prägte als Erster den Begriff „**Galvanisation**“ für die Behandlung bestimmter Krankheiten mit Gleichstrom.

**Volta** (ital. Physiker, 1745–1827) deutete das Experiment von Galvani anders. Er vermutete die Ursache für die Elektrizität nicht im Froschschenkel selbst, sondern im Kontakt der Froschschenkel mit zwei verschiedenen Metallen. Zum Beweis tauchte er in ein Gefäß mit verdünnter

Salzsäure eine Kupfer- und eine Zinkplatte. Die chemische Reaktion an den Platten führte dazu, dass sich eine elektrische Spannung aufbaute. Um die Wirkung zu erhöhen, ordnete er viele dieser elektrischen Elemente so hintereinander an, dass immer die Kupferplatte des einen Elements mit der Zinkplatte des anderen in Berührung stand. Diese Anordnung ging als „**Voltasche Säule**“ 1799 in die Geschichte ein. Als erste „**Batterie**“ war sie die wichtigste Spannungsquelle der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts, löste die Leidener Flaschen schnell ab und bildete die Grundlage für die Entwicklung der heutigen Batterien (s. Abb. 1.5, S. 4).

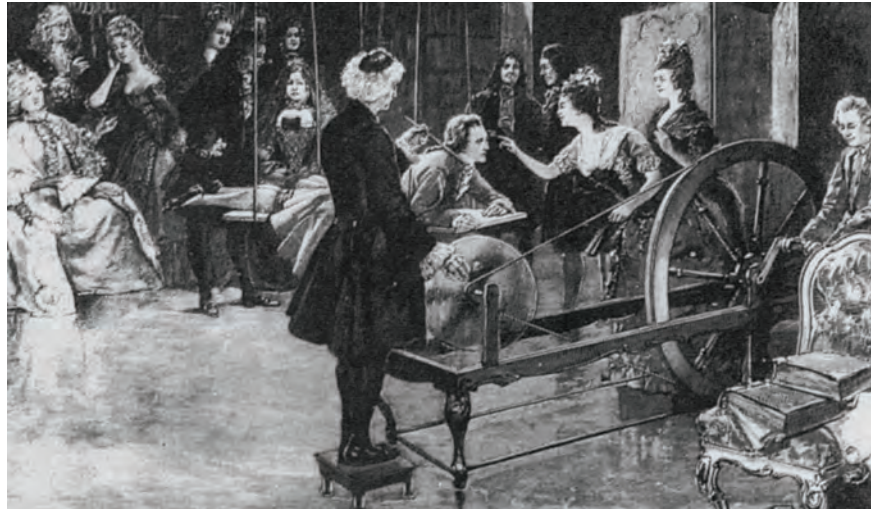


Abb. 1.2. Versuche des Physiklehrers Abbé Nollet mit einer selbstentwickelten Elektrisiermaschine, die auf Guericke's Schwefelkugel basiert

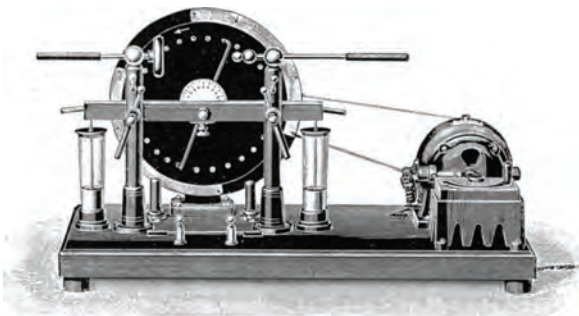


Abb. 1.3. Die Influenzmaschine von Wehrsen: eine Elektrisiermaschine, die Elektrizität durch Influenz erzeugt (um 1903)

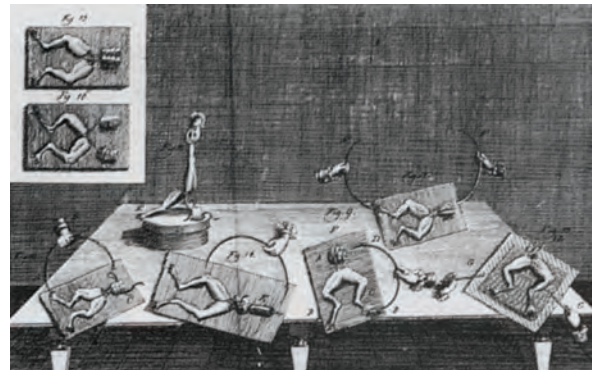


Abb. 1.4. Versuche von Galvani mit Froschschenkeln

Volta konnte mit seiner Voltaschen Säule als Erster einen Gleichstrom, also einen konstant in eine Richtung fließenden Strom, erzeugen. Deshalb geht als Ironie des Schicksals der Begriff „galvanischer Strom“ oder „Galvanisation“ eigentlich auf die Entdeckung Voltas und nicht auf Galvani zurück.

Die Voltasche Säule wurde kurz nach ihrer Erfindung auch zu therapeutischen Zwecken genutzt, zunächst primär zur Behandlung von Augenleiden. Später wurde Sie auch zur Elektronarkose genutzt.

In einer internationalen Konferenz wurden 1831 die elektrischen Maßeinheiten genormt. Die Einheit der Spannung wurde dabei zu Ehren Voltas „Volt“ genannt.

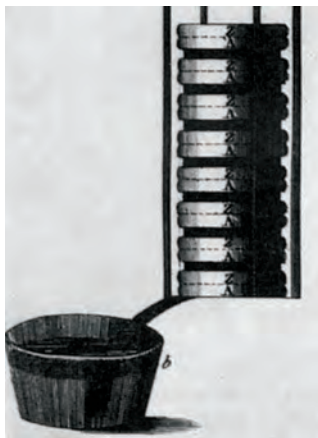
### 1.3 Elektrische Induktion: Faraday-Epoche

Im Jahre 1820 entdeckte der dänische Physiker Hans Christian Oersted (1777–1851), dass ein stromdurchflossener Leiter ein Magnetfeld besitzt. Elf Jahre später macht Michael Faraday (engl. Physiker, 1781–1867) unabhängig von Oersted die gleiche Entdeckung. Zusätzlich stellt er aber fest, dass das Phänomen umkehrbar ist: Wird ein Magnet in der Nähe eines elektrischen Leiters bewegt, entsteht ein elektrischer Strom. Dieser Vorgang erhielt später die Bezeichnung „**elektromagnetische Induktion**“ (s. Kap. 2.2.2, S. 26). Sie ist die Grundlage für viele technische Anwendungen der Elektrizität, vom Kraftwerk bis zur Satellitenfernsehtechnik. Eine Kombination von zwei Spulen ermöglicht es daher auf dem Umweg über ein

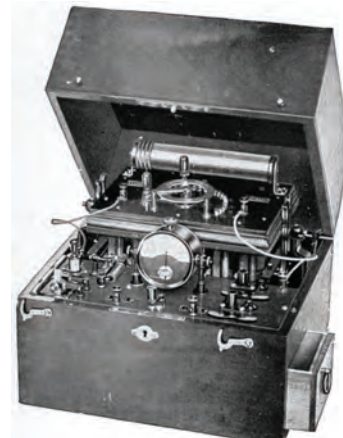
Magnetfeld aus einem Strom niedriger Spannung, wie ihn z. B. eine Voltasche Säule liefert, einen Strom hoher Spannung für elektrotherapeutische Anwendungen herzustellen (s. Abb. 1.7 a+b).

Klare Vorstellungen über die Natur des elektrischen Stroms existierten allerdings bis zu diesem Zeitpunkt nicht. Eine Vielzahl verschiedener Interpretationen bestand nebeneinander, bis der französische Physiker André Marie Ampère (1775–1836) Ordnung in die Vielfalt an bestehenden Vorstellungen brachte. Er prägte als Erster den Begriff „**Stromfluss**“ und definierte seine Richtung von Plus nach Minus. Diese Richtung wird heute als technische Stromrichtung bezeichnet und steht der tatsächlichen Stromrichtung von Minus nach Plus entgegen.

- **1825:** Der deutsche Mathematik- und Physiklehrer Georg Simon Ohm (1789–1854) erkennt die Zusammenhänge zwischen Stromstärke und Spannung und definiert das nach ihm benannte **Ohmsche Gesetz** (s. Kap. 2.2.1, S. 20).
- **1847:** Der englische Physiker Joule entdeckt den **magnetostriktiven Effekt**: Ein Metall erfährt in einer von Wechselstrom (s. Kap. 2.5) durchflossenen Spule Längenveränderungen im Rhythmus der Frequenz. Dadurch ist es möglich, Schall einer bestimmten Frequenz zu erzeugen. Das Verfahren bildet die Vorstufe zur Entwicklung der **Ultraschalltechnologie**.
- **1851:** Der deutsche Physiologe Pflüger (1829–1910) untersucht die Wirkung von elektrischen Impulsen auf die Muskulatur und formuliert das **polare Reizgesetz** (s. Kap. 4.2.4).
- **Mitte des 19. Jahrhunderts:** Dubois-Reymond entdeckt die elektrischen Eigenschaften von Nerv und Muskel (s. Kap. 3).



**Abb. 1.5.** Voltasche Säule: Platten verschiedener Metalle sind direkt miteinander verbunden



**Abb. 1.6.** Transportable Tauchbatterie (Siemens-Reiniger-Veifa)



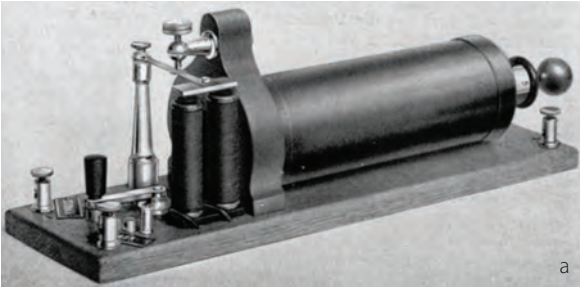


Abb. 1.7 a+b. Induktionsapparate zur Erzeugung primär faradischen Stroms

- ▶ **1866:** Erfindung des **galvanischen Vollbads** (s. Kap. 8.1.7) durch **Steve**.
- ▶ **1880:** J. und P. **Curie** entdecken, dass Volumenveränderungen von Quarzen Schallwellen induzieren, den **piezoelektrischen Effekt** (s. Kap. 2.5).
- ▶ **1881:** P. **Curie** und G. **Lippmann** bestätigen die Umkehrung des piezoelektrischen Effekts. Diese Umkehrung heißt **reziproker** oder **inverser Piezo-Effekt**. Auf diesem Effekt beruhen die modernen Ultraschallsender und -empfänger.
- ▶ **1883:** Prof. A. **Eulenburg** untersucht die hydrogalvanischen Bäder wissenschaftlich und beschreibt seine Erkenntnisse in der Schrift „Die hydroelektrischen Bäder“.
- ▶ **Ende des 19. Jahrhunderts:** Der Karlsbader Arzt Dr. **Schnee** führt das **Vierzellenbad** (s. Kap. 8.1.6) ein (s. Abb. 1.8).
- ▶ **1899:** Walther **Nernst** (Physikochemiker, 1864–1941) erkennt, dass bei elektrischer Reizung eine Ionenverschiebung an semipermeablen Membranen stattfindet.
- ▶ **1900:** Der Gerbermeister **Stanger** entwickelt die hydrogalvanischen Bäder weiter. Nach ihm ist das heutige **Stangerbad** benannt.
- ▶ **1904:** **Gildemeister** untersucht die elektrische Reizfähigkeit des Nerv-Muskel-Systems.
- ▶ Etwa zur gleichen Zeit prägen **Bourgignon** und **Lapique** die Begriffe „**Rheobase**“ und „**Chronaxie**“ (s. Kap. 6.3.3). **Eccles**, **Huxley** und **Hodgkin** beschreiben das Aktionspotenzial (s. Kap. 4.2.1).
- ▶ **1908:** **Leduc** beweist, dass mittels Gleichstrom Medikamente oder auch Gifte von der Körperoberfläche in die Blutbahn eingebracht werden können mit dem Kaninchenversuch die Wirksamkeit der Iontophorese (s. Kap. 8.1.2).
- ▶ **1910:** **Bergonié** erfindet die Methode der gleichzeitigen Reizung mehrerer Muskelgruppen mit faradischem Schwellstrom (s. Kap. 8.2.7). Man nennt sie **Bergonisation** (s. Abb. 1.9).



Abb. 1.8. Elektrisches Vierzellenbad: Die Extremitäten werden in vier mit Wasser gefüllte Wannen eingetaucht und von Strom durchflossen.

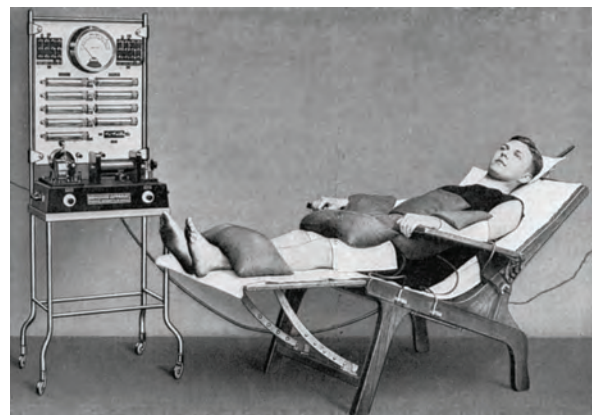


Abb. 1.9. Elektrische Muskelgymnastik (Bergonisation): Mit Hilfe faradischen Schwellstroms werden Muskeln oder Muskelgruppen in rhythmische Kontraktionen versetzt.

Elektrotherapie

Wenk, W.

2004, XIV, 332 S., Hardcover

ISBN: 978-3-642-20029-8