



Die Entdeckung der Elektrizität

Bernstein, Blitz und Batterie

Das Bernstein-Phänomen

Die Erkenntnis, dass Bernstein, wenn man ihn zum Beispiel an einem Tierfell reibt, Federn oder kleine, leichte Strohstückchen anziehen kann, gilt als erste wichtige Erkenntnis in der Geschichte der Elektrizitätsforschung. Zu Lebzeiten von **Thales von Milet** ist dieses Phänomen bekannt: In vornehmen antiken Haushalten dient ein größerer Bernstein sogar als Kleiderbürste - durch das Gleiten am Stoff lädt er sich auf und zieht die Staubteilchen an sich. Thales beschreibt diese Erkenntnis, kann sie aber noch nicht erklären. Das altgriechische Wort für Bernstein ist „elektron“. Seine ursprüngliche Bedeutung wird mit „hell, glänzend, strahlend“ übersetzt. Später wird der Bernstein dann zum Namensgeber des Elementarteilchens Elektron und der Elektrizität.



Thales von Milet
(um 625 – 546 v. Christus)

Der Grieche Thales von Milet gilt als Mitbegründer von Philosophie und Wissenschaft. Als Naturphilosoph, Mathematiker, Astronom und Ingenieur werden ihm zahlreiche Erkenntnisse und Lehren zugeschrieben. Thales beobachtet die Natur und ihre Phänomene sehr genau. Er gelangt zum Beispiel zu der Überzeugung, dass es nicht auf das Sichtbare in der Welt ankomme, sondern auf das, was im Innern der Dinge wohne. So wird ihm der Satz zugeordnet: „Alles ist voll von Göttern“. Er nimmt an, neben Lebewesen habe auch der Magnetstein eine Seele, weil er das Eisen bewege.

Gibt der Elektrizität ihren Namen:
Der Bernstein heißt im
Altgriechischen „elektron“.





William Gilbert
(1544–1603)

Der englische Arzt und Physiker gilt als Wegbereiter der modernen naturwissenschaftlichen Forschung. Seine Erkenntnisse bilden die Grundlage für viele weitere Entdeckungen und Entwicklungen auf dem Gebiet der Elektrizität. Seinen Medizinabschluss macht William Gilbert in Cambridge und lässt sich als Arzt in London nieder. 1601 wird er Leibarzt am königlichen Hof.

Die Magneten

William Gilbert ist der erste Forscher, der mit sorgfältig geplanten Experimenten neue Erkenntnisse zum Magnetismus und zu Phänomenen der Elektrizität gewinnt und sie ausführlich beschreibt. Dabei widerlegt er auch manche Legenden, so etwa, dass Knoblauch einen Magneten entmagnetisieren könne.

GVILIELMI GILBERTI COLCESTRENSIS, MEDICI LONDINENSIS,

DE MAGNETE, MAGNETICISQVE CORPORIBVS, ET DE MAGNETE tellure; Physiologia noua, plurimis & argumentis, & experimentis demonstrata.



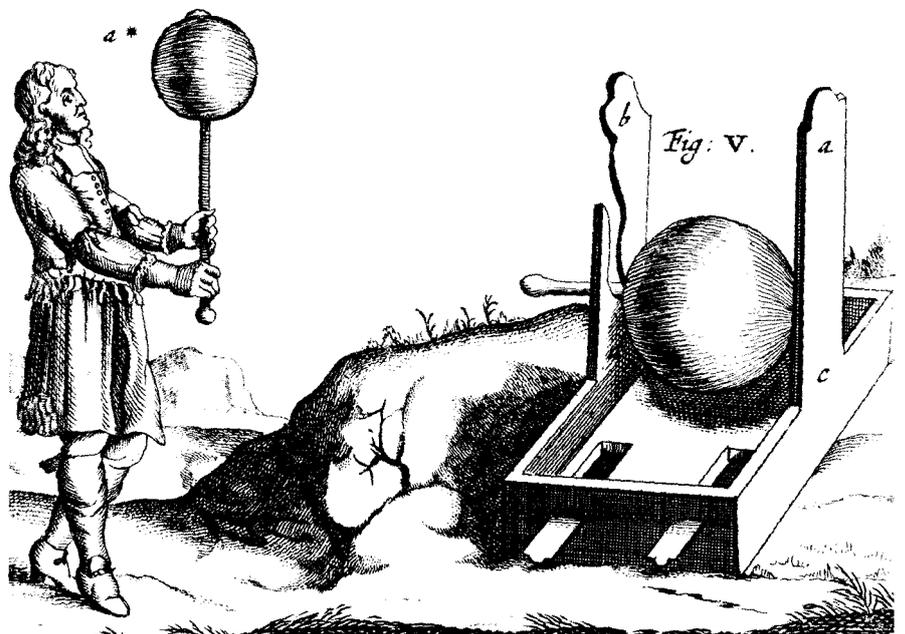
LONDINI
EXCVDEBAT PETRVS SHORTE ANNO
MDC.

Ein Meilenstein in der Wissenschaftsliteratur: William Gilberts Buch über die Magneten aus dem Jahr 1600.

Sein Hauptwerk mit dem Titel „Über den Magneten, magnetische Körper und den großen Magneten Erde“ erscheint im Jahr 1600 und gibt einen Überblick über seine Forschungen. So beschreibt er die Eigenschaften magnetischer Erze, untersucht die elektrische Aufladung an vielen Substanzen, verwendet als Erster den Ausdruck „elektrisch“ und unterscheidet eindeutig zwischen Magnetismus und statischer Elektrizität.

Die Elektrisiermaschine

Im Jahr 1663 baut **Otto von Guericke** ein Instrument, das von Teilen der Wissenschaft als die erste Elektrisiermaschine angesehen wird. Es handelt sich um eine Kugel aus Schwefel, die auf einer Stange befestigt, drehbar gelagert auf einem Holzgestell ruht. Er lässt sie rotieren, wobei er eine Hand auf die Oberfläche der Kugel legt um sie zu reiben. Dabei beobachtet er, dass leichte Goldblättchen, Daunenfedern und Papierstücke von der Kugel angezogen werden. Diese Wirkkraft symbolisiert für ihn zunächst die Anziehungskraft der Erde. Später jedoch beobachtet er etwas Überraschendes: Nach einiger Zeit werden die auf der Kugel klebenden Partikel mit Wucht wieder abgestoßen. Bislang wusste man nur von der Anziehungswirkung der Elektrizität, aber eine Erklärung für dieses neue Phänomen hatte man noch nicht.



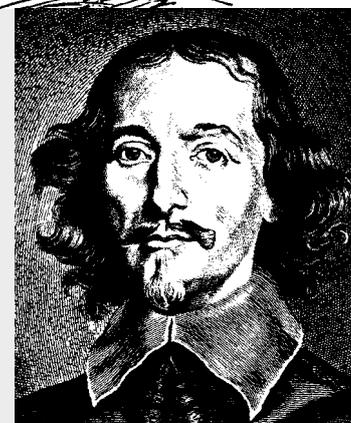
Elektrisiermaschine mit Schwefelkugel von Guericke. (Abb. 1)



Otto von Guericke dreht die Schwefelkugel und untersucht ihre Anziehungskräfte.

Otto von Guericke beschreibt in seinem Buch „Neue Magdeburger Versuche über den stoffleeren Raum“, das im Jahr 1663 veröffentlicht wurde, den Bau einer Elektrisiermaschine wie folgt:

„Hat jemand Lust, so nehme er eine Glaskugel, eine sogenannte Vorlage, von Kinderkopfgröße; darein tue er im Mörser kleinstoßenen Schwefel, setze ihn ans Feuer und schmelze ihn hinreichend; und wenn er völlig erkaltet ist, so zerbruche man das Glasgefäß, nehme die Schwefelkugel heraus und bewahre sie an einem trockenen, nicht an einem feuchten Orte auf. Wenn man will, kann man auch ein Loch durchbohren, sodass die Kugel an einem eisernen Stabe als Achse umgedreht werden kann. Und auf diese Weise wird die Kugel genügend vorbereitet sein ... Um die festhaltende Kraft an dieser Kugel darzutun, lege man sie mittels ihrer Achse über zwei Stützen a b im Gestell a b c d etwa handbreit vom Boden entfernt und breite allerlei Blättchen oder Schnitzel von Gold, Silber, Papier, Hopfen oder andere Abschabsel unter der Kugel aus und berühre diese durch Streichen mit einer recht trockenen Hand. Nach zwei-, drei- und mehrmaligem Reiben oder Streichen wird sie diese Schnitzel anziehen und, um ihre Achse gedreht, mit sich fortnehmen. Auf diese Weise wird einem gewissermaßen die Erdkugel vor Auge gestellt, welche alle lebenden Wesen und andere auf ihrer Oberfläche vorhandenen Dinge durch Anziehung festhält und durch ihre tägliche Umdrehung in vierundzwanzig Stunden mit sich herumführt.“



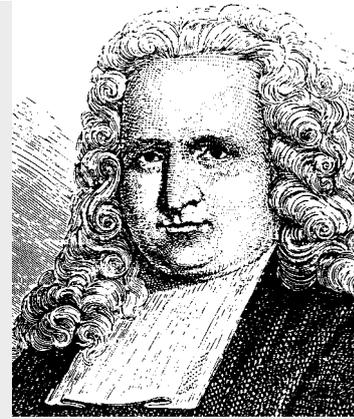
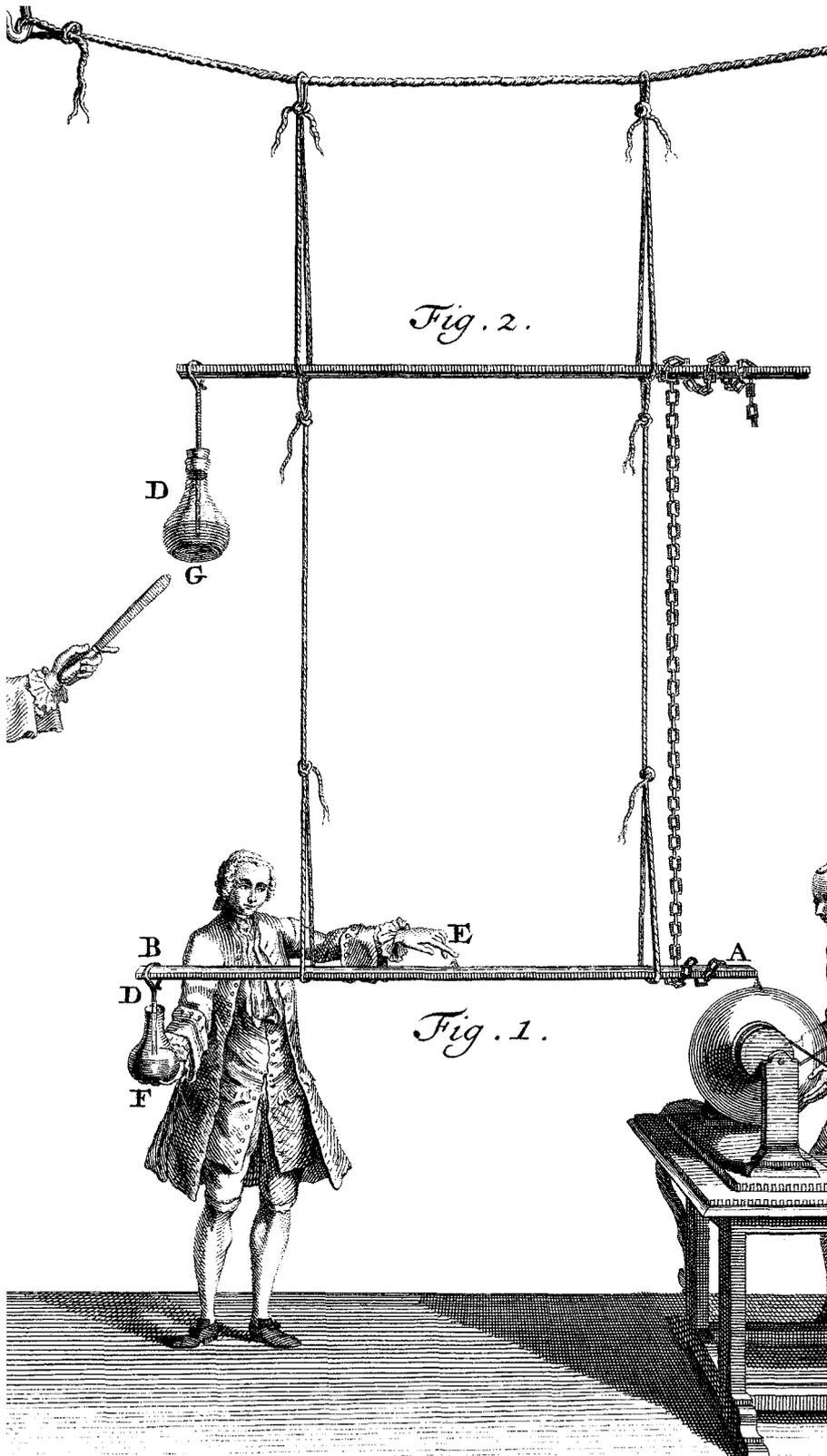
Otto von Guericke
(1602–1686)

Jurist, Physiker, Tierarzt, Erfinder und Bürgermeister der Stadt Magdeburg – Otto von Guericke ist ein vielseitig interessierter Geist. Neben seinen diplomatischen Erfolgen als Politiker wird er als Wissenschaftler auf dem Gebiet der Pneumatik berühmt. Er erfindet die Vakuumpumpe und beweist, dass Licht den luftleeren Raum durchdringen kann, Schall aber nicht. Erst mit dem Bestreben, die Kraft zu finden, die die Planeten an die Sonne bindet, beschäftigt sich Guericke mit statischer Elektrizität.

Die Leidener- oder Kleistsche Flasche

Bis zur Erfindung der sogenannten Verstärker-Flasche können die Wissenschaftler zwar mithilfe von Reibung verschiedene Körper elektrisch aufladen, aber es lassen sich noch keine sichtbaren Funken erzeugen. Als aber im Jahr 1745 die „Leidener Verstärkerflasche“ beziehungsweise die „Kleistsche Flasche“ erfunden wird, lässt sich mit ihr so viel elektrische Energie sammeln, dass bei der Entladung mächtige Funken entstehen. Das Flaschen-Instrument trägt unterschiedliche Bezeichnun-

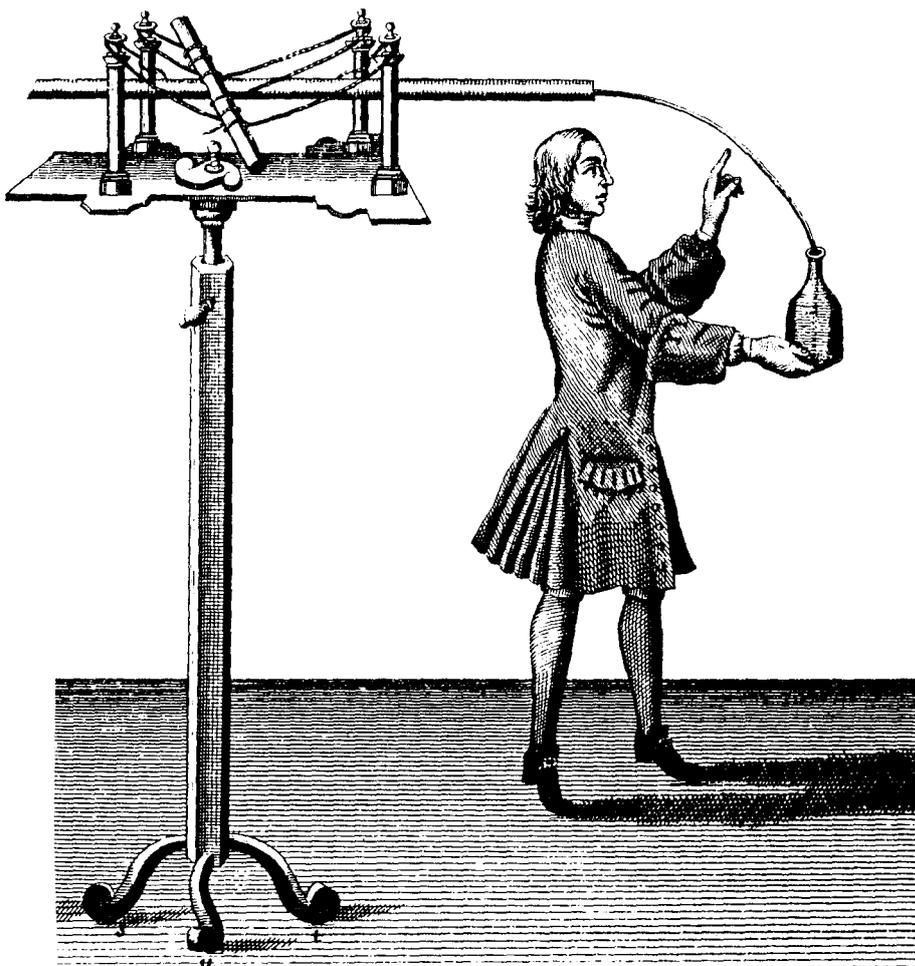
gen, weil sowohl **Pieter van Musschenbroek** aus Leiden als auch **Ewald Georg von Kleist**, ein pommerscher Landedelmann, unabhängig voneinander das Prinzip der „Verstärkerflasche“ entdecken. Erst 28 Jahre später führt Alessandro Volta den Begriff des elektrischen Kondensators ein.



Pieter van Musschenbroek
(1692 – 1761)

Als Naturwissenschaftler und Mediziner experimentiert der Niederländer Pieter van Musschenbroek auch auf dem Gebiet der Elektrizität. Im Alter von 31 Jahren übernimmt er eine Professur an der Universität seiner Geburtsstadt Leiden und steht in regem Austausch mit den Akademien der Wissenschaften in Europa.

Die Leidener Flasche wird mit Elektrizität „gefüllt“. (Abb. 2)



Die elektrische Energie wird in die Flasche geleitet und dort gespeichert.

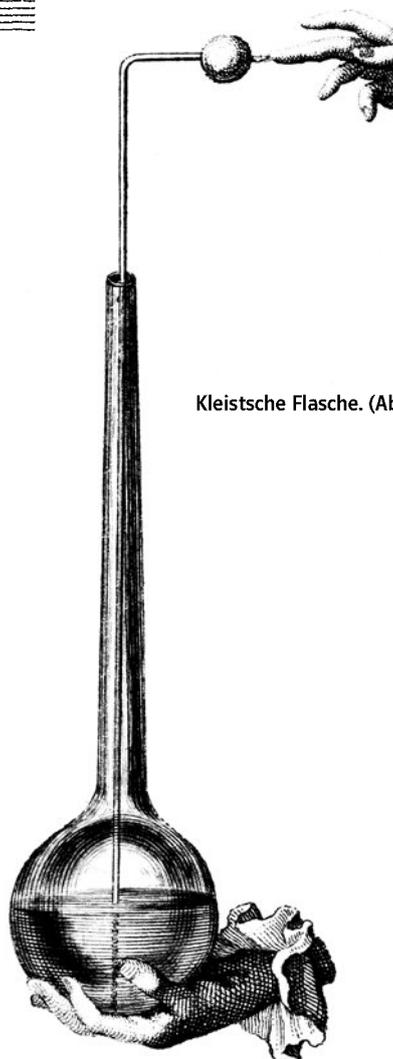
Eine schreckliche Erfahrung

Im Januar 1746 schildert der holländische Physiker Professor Pieter van Musschenbroek aus Leiden seinem französischen Kollegen Réaumur in einem Brief seinen Versuch, der die Wirkung der Leidener Flasche beschreibt:

„Ich will Ihnen eine neue, aber schreckliche Erfahrung mitteilen und dabei raten, sie nicht selbst zu versuchen. Ich stellte einige Versuche über die Stärke der Elektrizität an und hatte zu diesem Zweck an zwei blauseidenen Fäden eine eiserne Röhre aufgehängt, welche die Elektrizität von einer Glaskugel erhielt, die schnell um ihre eigene Achse gedreht wurde, während sie mit den dagegen gedrückten Händen gerieben wurde. Am anderen Ende hing frei ein messingner Draht, dessen Ende in ein gläsernes Gefäß, das zum Teil mit Wasser gefüllt war, tauchte. Dieses hielt ich in der rechten Hand und mit der anderen versuchte ich aus der eisernen elektrischen Röhre Funken herauszulocken. Auf einmal wurde meine rechte Hand heftig erschüttert, so daß mein ganzer Körper wie von einem Blitzschlag getroffen war ... mit einem Wort, ich dachte, es wäre aus mit mir.“

Das Prinzip des Kondensators

Die Leidener Flasche besteht aus einem elektrisch isolierenden Glasgefäß, das innen wie außen mit Metallfolie belegt ist. Ihre Funktionsweise beruht genau wie beim modernen Kondensator darauf, dass sich positive und negative Ladungen anziehen. Deshalb bringt man zwei voneinander isolierte, elektrisch leitende Flächen möglichst eng, aneinander. Werden die Flächen nun mit jeweils entgegengesetztem Vorzeichen aufgeladen, so ziehen sich die Ladungen an und bleiben im Kondensator gespeichert, weil sie sich wegen der Isolation nicht ausgleichen können. Stellt man eine elektrische Verbindung zwischen den beiden Belegungen her, bahnt sich die Elektrizität wie ein Schlag ihren Weg durch den menschlichen Körper. Dieses Phänomen wird auch als Kleistscher Stoß bekannt.

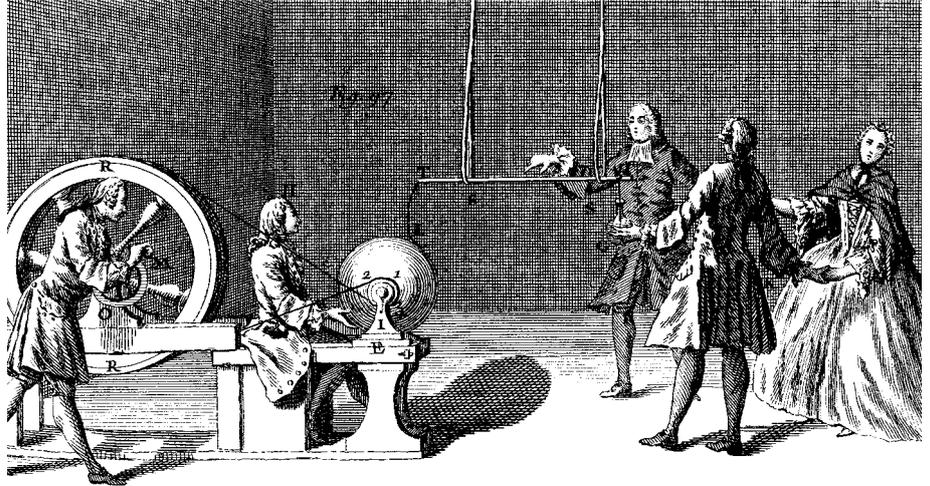


Kleistsche Flasche. (Abb. 3)

Elektrisierte Menschen

Wissenschaftliches Schauspiel am französischen Hof

Die Leidener Flasche wird gleich nach ihrer Entdeckung gern zu publikumswirksamen Demonstrationen eingesetzt. Zu Weltruhm gelangt sie jedoch durch den brillanten Experimentator Abbé Jean Antoine Nollet, der am französischen Hof Ludwigs XV mit einem grandiosen Schauspiel dem Hofstaat das Kondensatorprinzip demonstriert: 180 Soldaten der königlichen Garde müssen nichts ahnend – wie Nollet es beschreibt – den Entladungskreis einer Leidener Flasche bilden und springen durch die Wirkung des elektrischen Stroms in ihren Körpern zum größten Vergnügen der Zuschauer alle fast gleichzeitig in die Luft. Der Versuch wird mit 700 Mönchen wiederholt – das Ergebnis bleibt dasselbe.



Entladung einer Leidener Flasche über eine Menschenkette. (Abb. 4)

Elektrische Küsse

Als die Forschungen und Experimente zur Elektrizität im 18. Jahrhundert mehr und mehr bekannt werden, sorgen allerlei kuriose Vorführungen bei gesellschaftlichen Empfängen für Aufsehen. Sehr beliebt ist es, Menschen mit Hilfe von Reibungs- elektrisiermaschinen elektrisch aufzuladen. In der

Folge konnte man mit Ihnen dann kleine wunder-same Experimente einem begeisterten Publikum vorführen: Beim „elektrischen Kuss“, zum Beispiel, gibt eine elektrisch aufgeladene Dame einem nichts ahnenden Besucher einen Kuss, so dass er einen kleinen elektrischen Schlag auf die Lippen bekommt.



Der elektrische Kuss, um 1750. (Abb. 5)



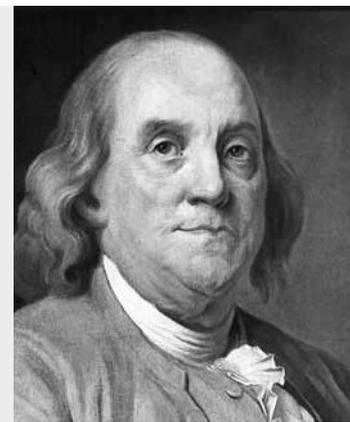
Elektrisierungsversuche mit einem schwebenden Knaben. (Abb. 6)

Der Blitzableiter

Die Natur sprüht Funken

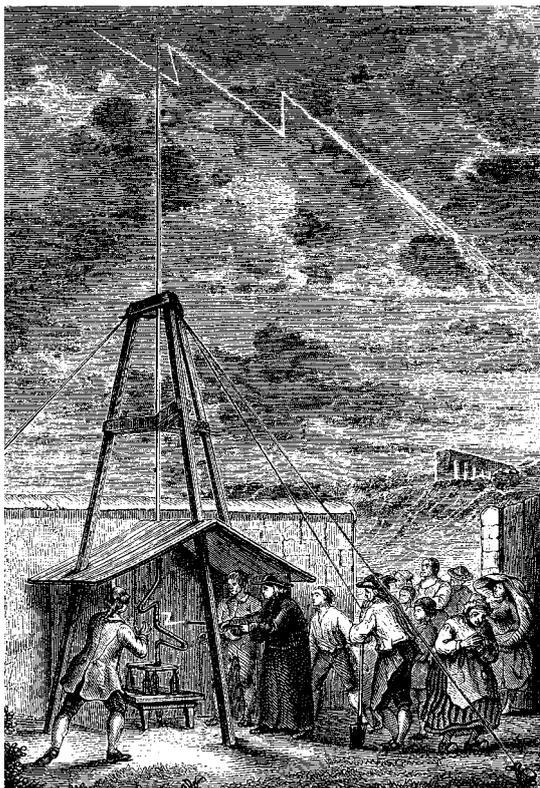
Das Naturphänomen Blitz zu erklären, stellt die Forscher lange Zeit vor ein großes Rätsel. Noch im 18. Jahrhundert nimmt man an, dass infolge des Regens brennbare Dämpfe aus der Erde entweichen, die sich in einer gewaltigen Explosion entzünden. Heute weiß man,

dass der Blitz eine Funkenentladung ist, die durch eine elektrostatische Aufladung der Wassertröpfchen in den Wolken verursacht wird. **Benjamin Franklin** führt den Nachweis, dass ein Blitz eine Entladung statischer Elektrizität in der Atmosphäre ist. In einem spektakulären Versuch lässt er am 15. Juni 1752 einen Drachen in den Gewitterhimmel steigen. Er hat an die feuchte, elektrisch leitende Drachenschnur einen Metallschlüssel befestigt und es gelingt ihm, von dem Metall Funken zu ziehen. Seine Entdeckung bringt Franklin auf die Idee, den sogenannten Wetterstrahl mit einer starken Metallstange einzufangen, um ihn dann ohne Gefahr in die Erde abzuleiten. Damit ist der Blitzableiter erfunden.



Benjamin Franklin
(1706–1790)

Der nordamerikanische Verleger bringt es durch seine Entschlossenheit und Intelligenz nicht nur zum berühmten Staatsmann, sondern auch zum Schriftsteller, Naturwissenschaftler und Erfinder. Als einer der Gründerväter der Vereinigten Staaten von Amerika hat er zwar keine naturwissenschaftliche Ausbildung, untersucht aber dennoch elektrische Phänomene mit großem Geschick und Sachverstand.



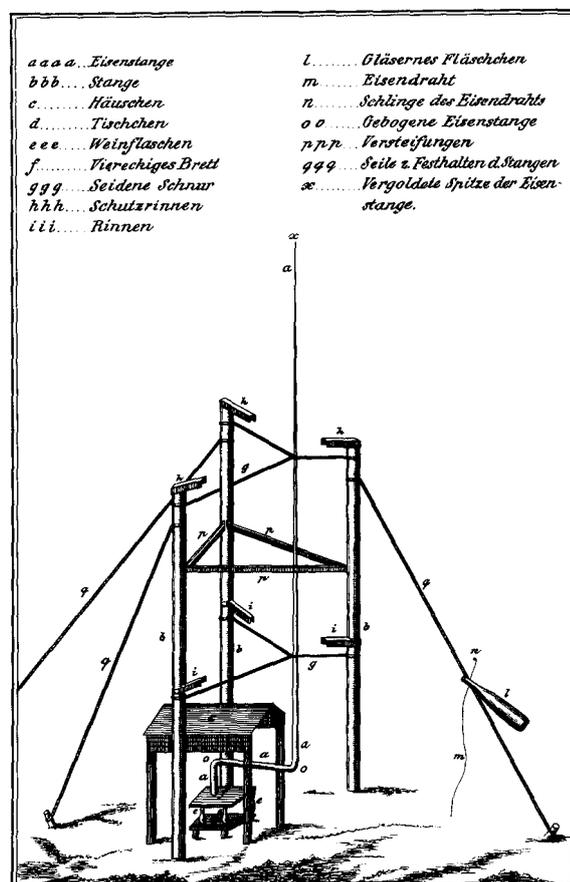
Erstes Blitzableitungs-experiment: Der Nachweis von Elektrizität in Gewitterwolken wird 1752 erbracht. (Abb. 7)

Den Blitz ableiten

Benjamin Franklin beschreibt 1751 seine geniale Idee zum Blitzableiter in einer Versuchsanordnung. Den ersten Versuch dieser Art führt d'Alibard in Marly bei Paris 1752 aus.

„Könnte nicht die Kenntnis von der Kraft der Spitzen der Menschheit von Nutzen sein, wenn man dadurch Häuser, Kirchen, Schiffe und so weiter vor dem Blitzeinschlag schützen könnte, indem sie uns dazu führt, auf den höchsten Teilen dieser Baulichkeiten aufrecht stehende eiserne Stangen zu befestigen, die scharf wie eine Nadel gemacht wurden und vergoldet wurden, um Rost zu verhindern. Und von dem Fuß dieser Stangen müsste ein Draht an der Außenseite des Gebäudes in die Erde herunterlaufen ... Um die Frage zu entscheiden, ob die Wolken,

die Blitze enthalten, elektrisch sind oder nicht, möchte ich einen Versuch vorschlagen, der dort, wo das gut möglich ist, durchgeführt werden soll. Auf der Spitze irgendeines hohen Turmes oder Gerüstes werde eine Art von Schilderhaus gestellt, groß genug um einen Menschen und einen elektrischen Schemel zu fassen. Von der Mitte des Schemels lasse man eine Eisenstange ausgehen, die mit einer Biegung durch die Tür läuft und dann senkrecht zwanzig oder dreißig Fuß in die Höhe reicht, sowie am Ende scharf zugespitzt ist. Wenn der elektrische Schemel sauber und trocken gehalten wird, während solche Wolken niedrig vorbeiziehen, elektrisch werden und Funken geben, da die Stange aus einer Wolke Feuer zu ihm zieht.“



Die Franklinsche Versuchsanordnung, aufgestellt von d'Alibard, 1752.

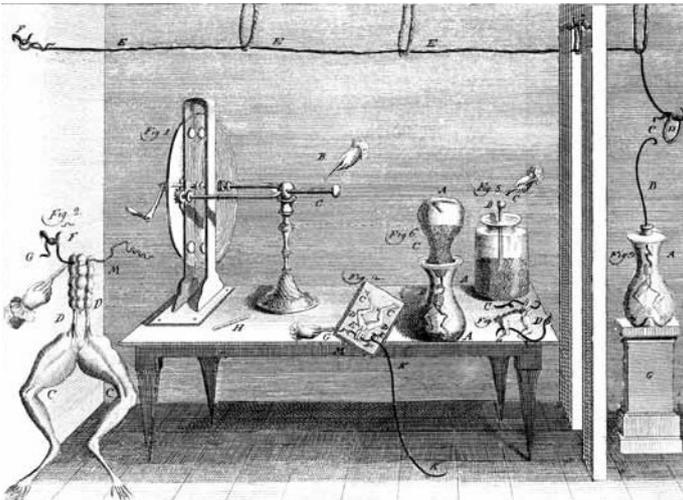
Die zuckenden Froschschenkel

Durch einen Zufall wird **Luigi Galvani**, Professor der Medizin und Anatomie an der Universität von Bologna, auf das Phänomen der „tierischen Elektrizität“ im Jahr 1780 aufmerksam: Während sein Laborgehilfe an einer Elektrisiermaschine dreht, beobachtet Galvani, dass der zur Präparation auf dem Tisch liegende Froschschenkel plötzlich heftig zuckt, als er ihn mit dem Seziermesser berührt. Daraufhin untersucht er das Phänomen der zuckenden Froschschenkel in unzähligen Versuchsanordnungen. 1786 entdeckt er, dass die Muskeln auch ohne äußere Einwirkung von Elektrizität zucken, als er einen Froschschenkel mit einem Messinghaken an ein Eisengitter hängt. Unwissentlich erzeugt er auf diese Weise einen Stromkreis. Der Stromfluss regt die Muskeln der Froschschenkel an, so dass der Stromfluss „angezeigt“ wird. Das beobachtete Phänomen hält er für „tierische Elektrizität“ und fordert die Wissenschaft auf, weitere Erklärungen dafür zu finden. Als er 1791 alle Forschungsergebnisse in seinem berühmten Werk „Abhandlung über die Kräfte der Elektrizität bei der Muskelbewegung“ veröffentlicht, kann er das Geheimnis über die „tierische Elektrizität“ noch nicht erklären. Aber er liefert die Grundlage für die nach ihm benannte, spätere Erfindung: das Galvanische Element - die erste elektrische Batterie.

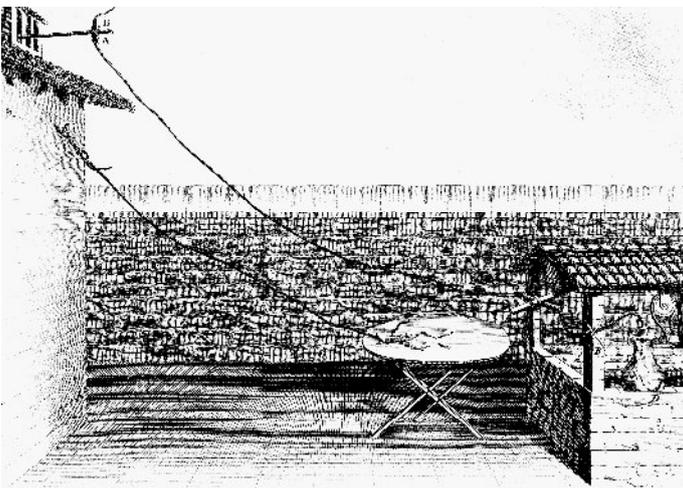


Luigi Galvani
(1737–1798)

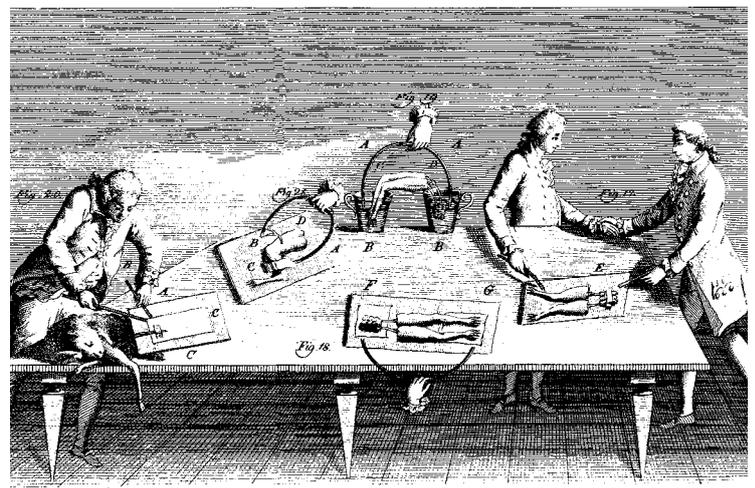
Der italienische Arzt und Professor der Medizin lehrt praktische Anatomie an der Universität von Bologna. In seinen anatomischen Studien beschäftigt er sich auch mit dem Phänomen der geheimnisvollen Lebenskraft, die die Muskelbewegung ermöglicht. Als Forscher seiner Zeit nennt er sie „tierische Elektrizität“ und vermutet sie in allen Lebewesen. Luigi Galvanis Experimente führen zu einer der größten Entdeckungen in der Grundlagenforschung der Elektrophysik.



Galvanis erster Versuch:
Entdeckung der Zuckung von Froschschenkeln bei elektrischen Funkenentladungen. (Abb. 8)



Galvanis zweiter Versuch: Der Einfluss der atmosphärischen Elektrizität auf die Zuckungen von Froschschenkeln. (Abb. 9)



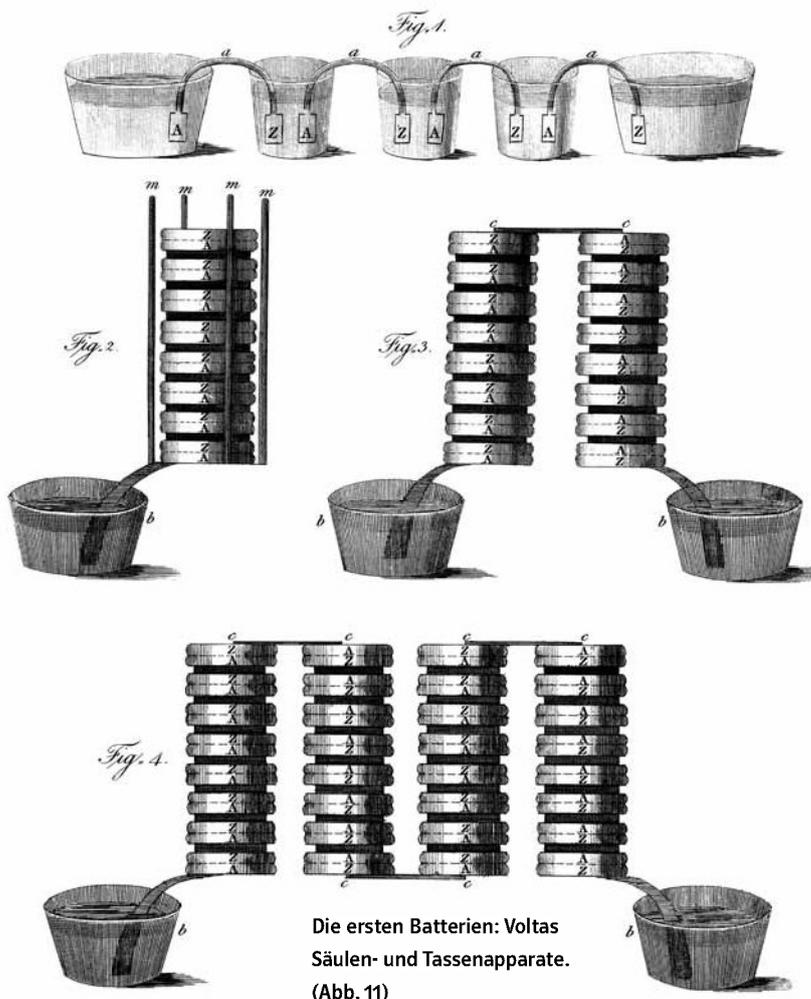
Galvanis dritter Versuch: Die Entdeckung einer „tierischen Elektrizität“ durch Anlegen eines Metallbogens an Muskel- beziehungsweise Nervenenden. (Abb. 10)

Der Strom fließt – die Batterie

Die erste Batterie

Der Physiker **Alessandro Volta** widerlegt einige Jahre später die Theorie von der „tierischen Elektrizität“. Er entdeckt, dass zwei unterschiedliche Metalle Elektrizität erzeugen, sobald man sie durch ein schwach leitendes, nichtmetallisches Medium miteinander verbindet. Dieses Medium kann zum Beispiel eine Salzlösung, feuchtes Textilgewebe oder eben der Körper eines Frosches sein.

Im Jahr 1800 konstruiert Volta eine Apparatur, die die Welt verändern wird. Er nennt sie „kuenstliches electrisches Organ“ oder „electromotorisches Instrument“ – es ist die erste elektrische Batterie. Mit ihr geht das Zeitalter der mechanischen Reibungselektrizität zu Ende. Nun sorgt die Chemie für die Lieferung des elektrischen Stroms.

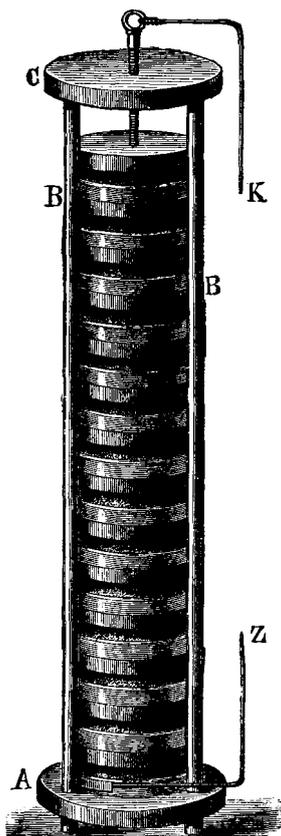


Die ersten Batterien: Voltas Säulen- und Tassenapparate. (Abb. 11)



Alessandro Volta
(1745–1827)

Als Physiklehrer an der höheren Schule in Como, Norditalien, beginnt Alessandro Volta die Elektrizität zu erforschen und wird es Zeit seines Lebens weiter tun. Seine umfangreichen Studien, Forschungen und Erkenntnisse machen ihn zu einem der Begründer des Zeitalters der Elektrizität. Noch zu Lebzeiten wird er mit vielen Auszeichnungen bedacht und sogar von Napoleon in den Grafenstand erhoben. Die elektrische Spannung wird ihm zu Ehren in „Volt“ gemessen.



Die Volta-Säule

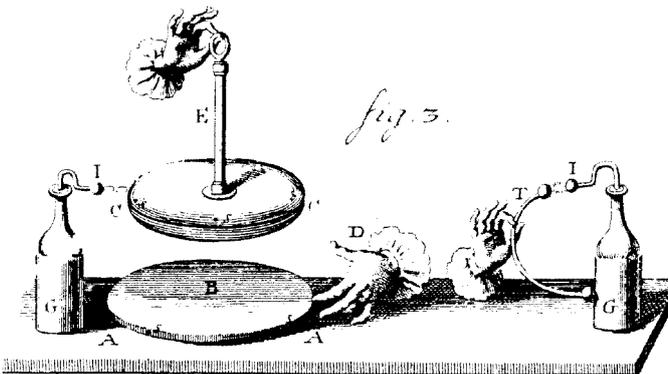
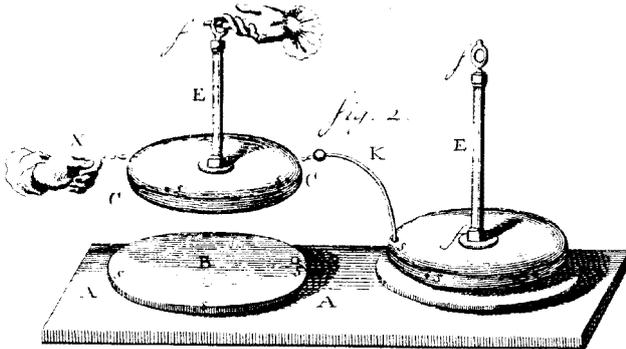
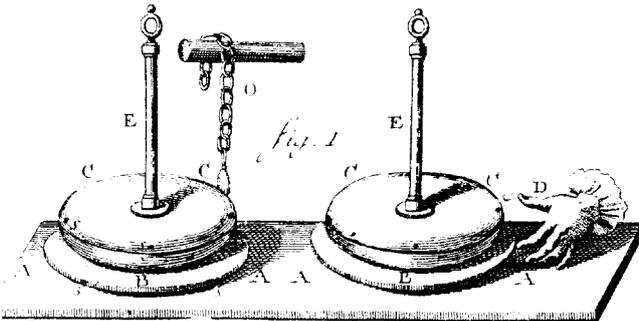
Ein einzelnes Element der Voltaschen Säule besteht aus einem Kupfer- und einem Zinkplättchen mit einem dazwischen liegenden Elektrolyten. Dieses Element wird auch als Galvanisches Element bezeichnet. Ein Elektrolyt ist eine stromleitende Flüssigkeit. Als Elektrolyt verwendet Volta mit Salzlauge getränkte Papp- oder Lederstückchen, andere Quellen sprechen auch von Filzplättchen. Schichtet man mehrere Elemente aufeinander, also eine Folge von Kupfer-Elektrolyt-Zink-Kupfer-Elektrolyt-Zink, erhält man eine Hintereinanderschaltung mehrerer Galvanischer Elemente und damit eine Voltasche Säule. Die Spannung, die zwischen dem untersten Kupferplättchen und dem obersten Zinkplättchen entsteht, ist proportional zur Anzahl der Voltaelemente in der Säule.

Die Voltasche Säule.

Ladungen werden getrennt

Der Elektrophor

Eine weitere bedeutende Entwicklung Voltas ist der Elektrophor. Der Elektrophor ist im Prinzip die Urform einer Influenzmaschine. Er besteht aus einer geerdeten metallischen Kupferpfanne, in die eine Platte aus isolierendem Burgunderharz gegossen ist, einem sog. „Harzkuchen“. Die zweite Platte besteht aus Holz und ist mit Zinnfolie bezogen. Sie kann an isolierenden Seidenfäden angehoben werden, die als Handgriff dienen.



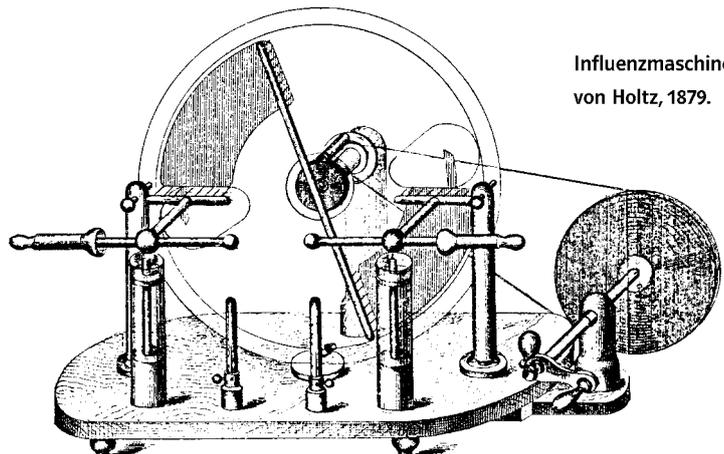
Für die Spannungserzeugung wird zunächst der Harzkuchen mit einem Tierfell gerieben, so dass er sich elektrostatisch (positiv) auflädt. Legt man jetzt den elektrisch neutralen Deckel auf den Harzkuchen, werden die Elektronen des Deckels durch Influenz von der positiven Ladung des Harzes auf die Unterseite gezogen. Jetzt ist der Deckel infolge Ladungstrennung geladen, nämlich unten negativ, weil die Elektronen jetzt hier sind und oben positiv, weil hier die Elektronen jetzt fehlen. Wird nun die Oberseite geerdet, gleicht sich die positive Ladung aus, weil Elektronen auf den Deckel strömen. Solange der Deckel in dieser Position bleibt, ist er elektrisch neutral, obwohl sich jetzt eigentlich „zu viele“ Elektronen darauf befinden. Die positive Ladung von unten „neutralisiert“ aber diesen Überschuss. Hebt man aber den Deckel an und entfernt damit diese Ladung, ist der Deckel negativ geladen. Weil diese Apparatur gleichzeitig auch ein Kondensator ist, steigt die Spannung in Abhängigkeit vom Abstand der Platten zueinander, weil man Arbeit gegen das elektrische Feld verrichtet. Mit anderen Worten: Beim Anheben muss die Spannung steigen, weil man gegen die Anziehungskraft der entgegengesetzten Ladungen Energie aufwenden muss.

Das Funktionsprinzip der Ladungstrennung ist seit 1753 bekannt. 1775 perfektioniert Alessandro Volta das Instrument für seine Experimente. Den größten Elektrophor mit einem Durchmesser von ca. 2,25 Meter baute Georg Christoph Lichtenberg. Er konnte damit Funken von 30 Zentimeter Länge erzeugen, was einer Spannung von 300.000 Volt entspricht.

Versuch mit dem
Elektrophor von Volta
um 1775. (Abb. 12)

Influenz

Unter Influenz versteht man die Beeinflussung elektrischer Ladungen durch ein elektrisches Feld. In einem Leiter werden dabei die beweglichen elektrischen Ladungen, die Elektronen, verschoben. Sie ändern ihren Platz. Influenzmaschinen sind elektrostatische Generatoren, die das Prinzip der Trennung elektrischer Ladung nutzen um eine Spannung zu erzeugen. Im Gegensatz zu elektrodynamischen Generatoren nutzen die Influenzmaschinen die Kraftwirkung des elektrischen Feldes auf die elektrische Ladung.

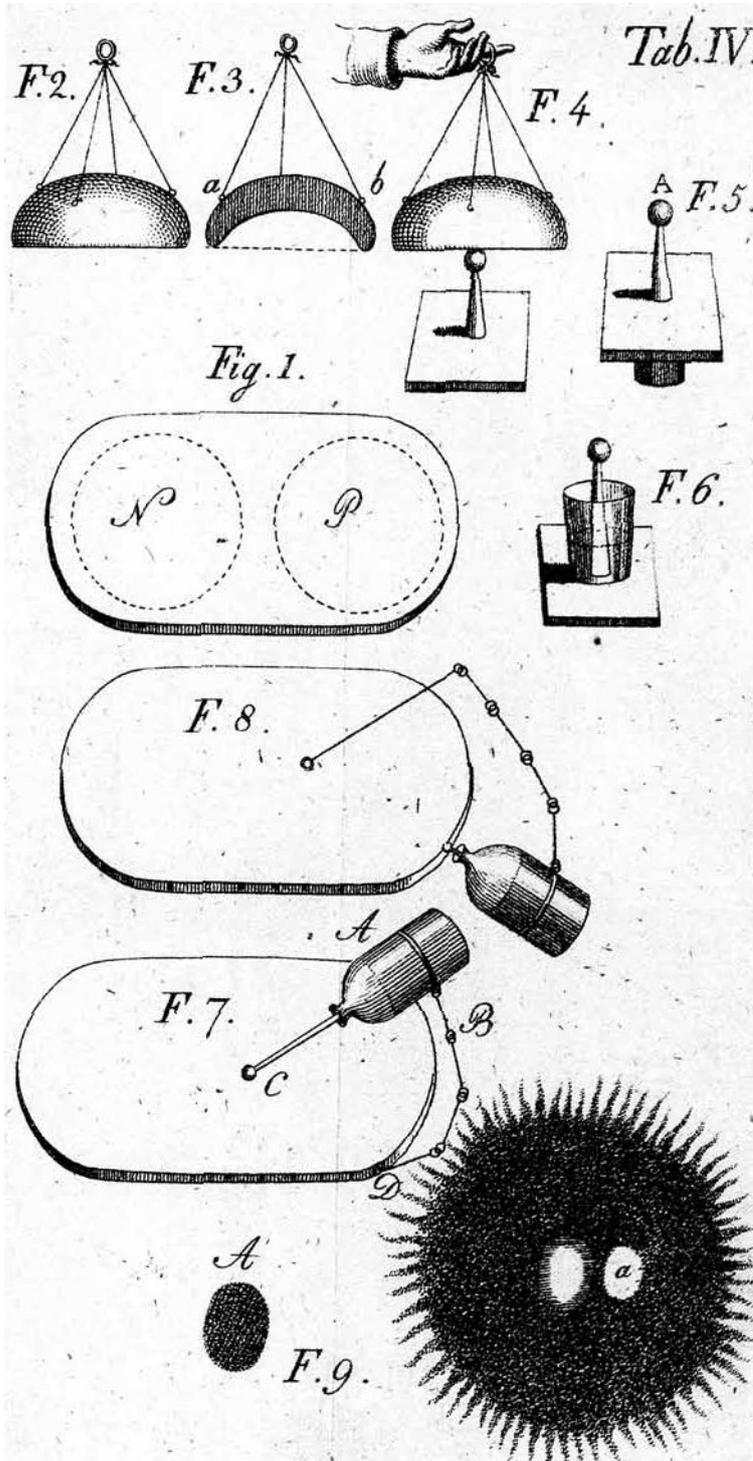


Influenzmaschine
von Holtz, 1879.

Entladungen werden sichtbar

Die Lichtenbergschen Figuren

Die Lichtenbergschen Figuren entstehen durch elektrische Entladung auf einer Harzplatte. Durch das Bestäuben mit feinem Puder werden die Entladungen sichtbar. Die Form gibt Aufschluss über die Art der Entladung - ob positiv oder negativ.

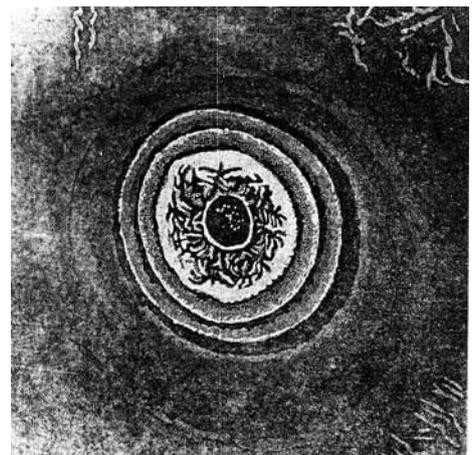
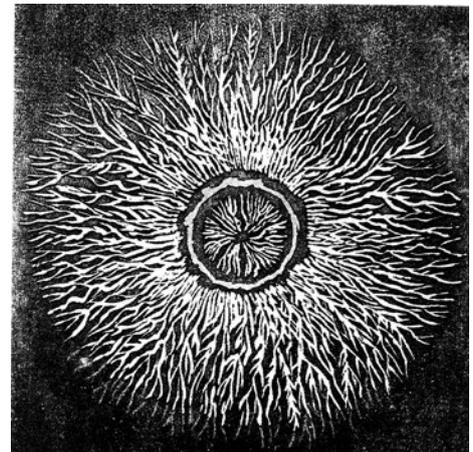


Versuchsanordnung zur Erzeugung der Lichtenbergschen Figuren von 1806. (Abb. 13)



Georg Christoph Lichtenberg
(1744 – 1799)

Georg Christoph Lichtenberg, Professor der Physik und Philosophie in Göttingen, ist zu seiner Zeit auch als scharfzüngiger Schriftsteller bekannt. In der Physik hat er bis heute einen festen Platz durch die Entdeckung der nach ihm benannten Lichtenbergschen Figuren. Darüber hinaus ist Lichtenbergs Witz überliefert: So stellte er bei einem Versuch Voltas diesem die Aufgabe, ein Weinglas luftleer zu machen und führte ihm das einfachste Verfahren sogleich vor: Er goss Wein in das Glas hinein. Auch das langsame und sorgfältige Lufteinlassen gelang ihm ausgezeichnet: Er trank den Wein wieder aus. Es könne bei diesem Experiment kaum etwas schiefgehen, stellte er dann ernsthaft fest.



Von Lichtenberg erzeugte Figuren: oben durch positive, unten durch negative Elektrizität. (Abb. 14)

Der Strom und die Kompassnadel – der Elektro-Magnetismus



Die Frage, ob und in welcher Weise Elektrizität und Magnetismus zusammenhängen, stellen sich die Naturwissenschaftler schon lange. Dass sich die Kompassnadel bei Blitzeinschlag verändert, ist bereits aus der Seefahrt des 17. Jahrhunderts bekannt. Durch einen Zufall wird **Hans Christian Oersted** während einer physikalischen Demonstration auf das Phänomen aufmerksam, dass elektrischer Strom eine Fernwirkung auf einen Magneten ausüben kann. Seine Entdeckung setzt er in ein einfaches Experiment um, das er im Juli 1820 folgendermaßen beschreibt:

„Man denke sich die beiden entgegengesetzten Enden des Galvanischen Apparates durch einen Metalldraht verbunden. Man bringe ein geradliniges Stueck des Drahtes in horizontaler Lage über eine frei sich bewegende Magnetenadel ... Aus diesen Versuchen schien zu erhellen, dass die Magnetenadel sich mittels des galvanischen Apparates aus ihrer Lage bringen lasse.“ Den Begriff des elektrischen Feldes gibt es noch nicht und so spricht Oersted zunächst bei seiner Entdeckung über den „elektrischen Conflict“.

Hans-Christian Oersted entdeckt 1820 den Elektromagnetismus.



Hans Christian Oersted (1777–1851)

Der dänische Naturwissenschaftler ist Professor an der Universität in Kopenhagen. Dort lehrt und forscht er in den Fächern Chemie und Physik. Genau 20 Jahre nach der überraschenden Entdeckung Voltas erhält die Wissenschaft einen weiteren bahnbrechenden Impuls: Oersted veröffentlicht ein Experiment, mit dem er erstmals den Zusammenhang von Elektrizität und Magnetismus beweist. Damit löst er die eigentliche Entwicklung der Elektrizitätslehre und Elektrotechnik aus.

Strom verursacht Magnetismus

André Marie Ampère untersucht 1820 die Zusammenhänge zwischen Magnetismus und Elektrizität. Er nimmt als Modellhypothese an, dass jeder Magnetismus seine Ursache in elektrischen Strömen hat und Ströme Magnetfelder erzeugen. In Versuchsreihen weist er nach, dass zwei Strom durchflossene Leiter eine Anziehungskraft aufeinander ausüben, wenn die Stromrichtung in beiden Leitern gleich ist. Fließt der Strom in entgegen gesetzter Richtung, stoßen sich die Leiter ab. Ampères Versuche belegen, dass die fließende Elektrizität die Ursache des Magnetismus ist.



André Marie Ampère und François Arago experimentieren mit der Kompassnadel.



André Marie Ampère

(1775 – 1836)

Der französische Physiker und Mathematiker befasst sich mit vielseitigen wissenschaftlichen Fragestellungen. Seine Abhandlungen in Mathematik, Mechanik, Chemie und Philosophie sowie unterschiedliche Professuren finden von den Gelehrten seiner Zeit zunächst wenig Beachtung. Erst die experimentellen Untersuchungen zum Magnetismus bringen ihm den erhofften Erfolg. André Marie Ampère gilt als Begründer der Elektrodynamik. Um seine Verdienste zu ehren, ist die Einheit der elektrischen Stromstärke nach Ampère benannt.

Ein Magnetfeld erzeugt Strom

Der Rotationsapparat

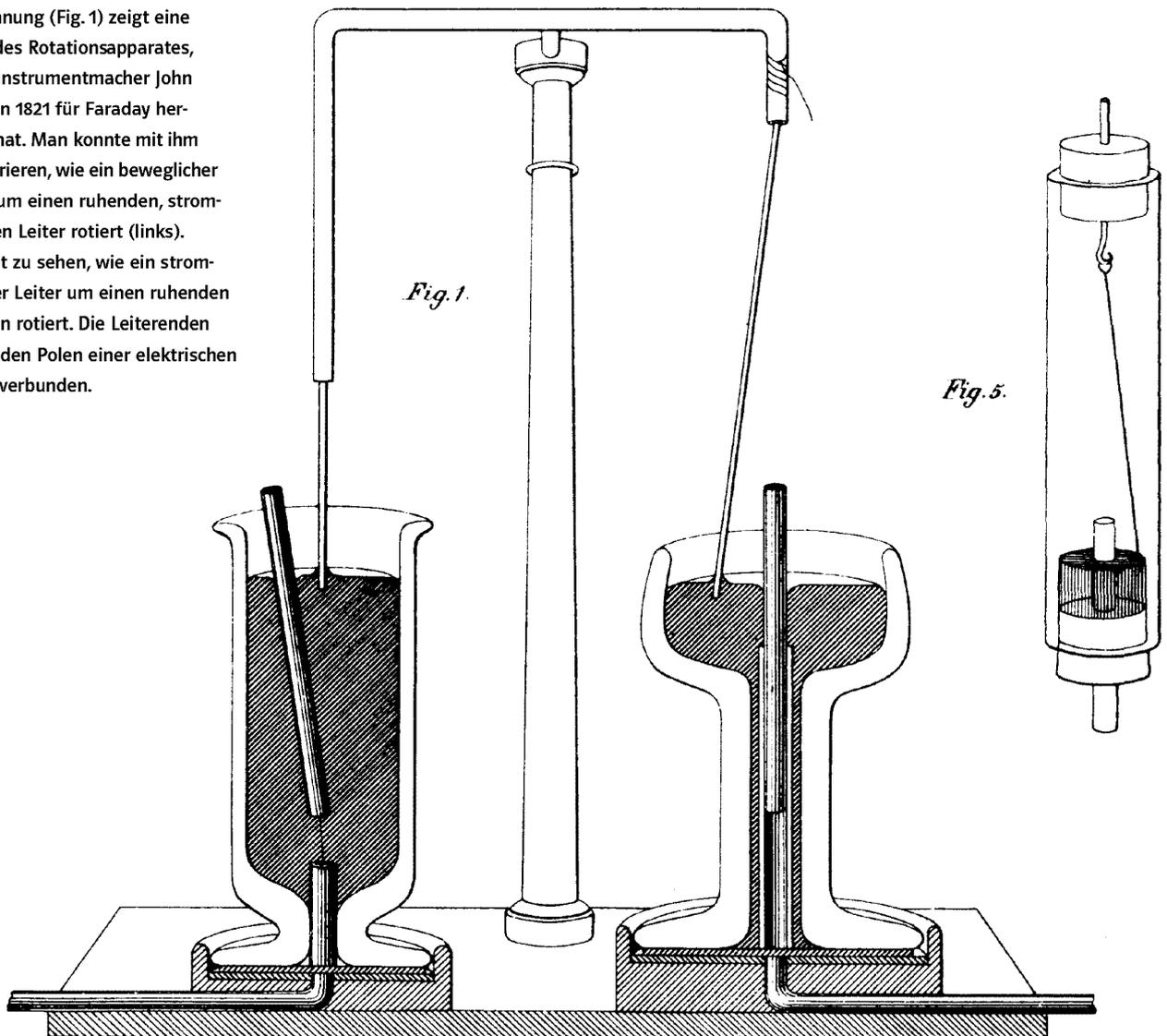
Die Experimente und Erkenntnisse von Oersted und Ampère liefern die Grundlage für einen weiteren bahnbrechenden Versuch, den **Michael Faraday** erstmals am 3. September 1821 in seinem Labor durchführt: Ein Strom durchflossener Leiter dreht sich unter dem Einfluss eines Dauermagneten um seine eigene Achse. Er nennt das Phänomen „elektromagnetische Rotation“ und schafft damit die Voraussetzung für den späteren Elektromotor.

Auf experimentellem Wege entwickelt Faraday das neuartige Instrument, bei dem elektrischer Strom zum ersten Mal kontinuierliche Bewegungen erzeugt. Er hält einen Magneten an einen Stift aus Weicheisen, der von unten in eine Glasröhre hineinragt. Zugleich leitet er einen elektrischen Strom durch das ganze Instrument, sodass der bewegliche Draht rotiert.

Die Bewegungen sind kreisförmig, aus der Perspektive Faradays ein bedeutender Umstand. Er versucht sich mittels dieses Experiments von der Ampèreschen Hypothese abzugrenzen, die Wirkung zwischen stromdurchflossenem Leiter auf eine Magnethöhle lasse sich mit geradlinigen Zentralkräften erklären. Für Faraday hingegen ist die kreisförmige Bewegung eines Magneten um den stromführenden Leiter oder umgekehrt das zentrale Phänomen. Zentralkräfte spielen bei ihm eine untergeordnete Rolle.

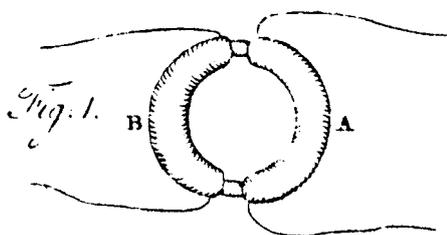
Faraday entwickelt den kleinen Rotationsapparat (Fig. 5), um ihn an Kollegen in ganz Europa zu verschicken. Damit bewirkt er die schnelle Verbreitung des Phänomens im Zusammenhang mit dem von ihm konstruierten Instrument. Mit diesem Experiment kann sich Faraday zum ersten Mal einen Namen in der Wissenschaftswelt machen.

Die Zeichnung (Fig. 1) zeigt eine Version des Rotationsapparates, den der Instrumentmacher John Newmann 1821 für Faraday hergestellt hat. Man konnte mit ihm demonstrieren, wie ein beweglicher Magnet um einen ruhenden, stromführenden Leiter rotiert (links). Rechts ist zu sehen, wie ein stromführender Leiter um einen ruhenden Magneten rotiert. Die Leiterenden sind mit den Polen einer elektrischen Batterie verbunden.



Der Induktionsring

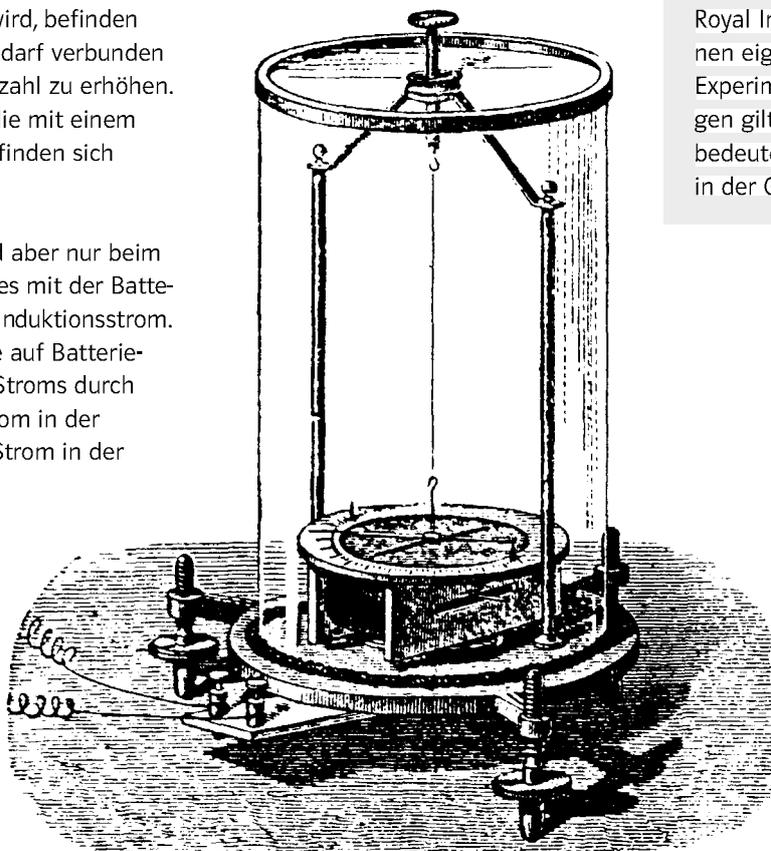
1831 gelingt Faraday der Durchbruch in der Elektrizitätsforschung. Er entdeckt das Prinzip der elektromagnetischen Induktion: Eine elektrische Spannung entsteht entlang einer Leiterschleife, wenn der magnetische Fluss verändert wird. Michael Faraday entwickelt bei seinen Versuchen zur elektromagnetischen Induktion ein bedeutendes Instrument: Den Induktionsring. Mit ihm kann er das Entstehen einer elektrischen Spannung entlang einer Leiterschleife durch die Änderung des magnetischen Flusses demonstrieren.



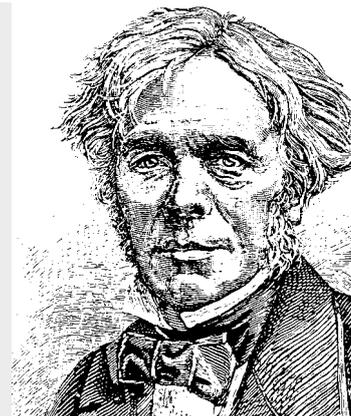
B: Drei Kupferdrahtwicklungen zum Galvanometer
A: Zwei Kupferdrahtwicklungen zur Batterie

Moderne Physiker würden den Induktionsring als Transformator bezeichnen. Auf der einen Seite eines Weicheisenrings, der Seite, die mit einer elektrischen Batterie verbunden wird, befinden sich zwei Wicklungen, die nach Bedarf verbunden werden können, um die Windungszahl zu erhöhen. Auf der anderen Seite, der Seite, die mit einem Galvanometer verbunden wird, befinden sich drei ebensolche Drahtwicklungen.

Die Nadel des Galvanometers wird aber nur beim Öffnen und Schließen des Kontaktes mit der Batterie abgelenkt, nur dann fließt ein Induktionsstrom. Nur die Änderung der Stromstärke auf Batterie-seite bewirkt die Induktion eines Stroms durch den Ring hindurch. Konstanter Strom in der Primärspule induziert gar keinen Strom in der Sekundärspule.



Faraday schafft mit seinen Erkenntnissen die Voraussetzungen für elektrische Generatoren und Transformatoren – das Zeitalter der Elektrizität kann beginnen.



Michael Faraday
(1791 – 1867)

Als gelernter Buchbinder und aus einfachen Verhältnissen stammend besitzt Michael Faraday zunächst keine wissenschaftliche Vorbildung. Durch sein Interesse an naturwissenschaftlichen und vor allem physikalischen Phänomenen, verbunden mit einer großen Auffassungsgabe bringt er es bis zum Assistenten an der Royal Institution in London. Mit seinen eigenen Forschungsarbeiten, Experimenten und Veröffentlichungen gilt er bis heute als einer der bedeutendsten Experimentalphysiker in der Geschichte der Wissenschaft.

Zeittafel

Pioniere der Elektrizität und ihre Entdeckungen

| | | |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 600 v. Chr. |  | Thales von Milet (ca. 625-546 vor Christus), Das Bernsteinphänomen |
| 1600 |  | William Gilbert (1544-1603), Versuche und Theorien zur Elektrizität |
| 1672 |  | Otto von Guericke (1602-1686), Die erste Elektrisiermaschine |
| 1733 |  | Charles Francois de Cisternay Du Fay (1698-1739), Positive und negative Ladungen |
| 1745 |  | Pieter van Musschenbroek (1692-1761) und Ewald Georg von Kleist (1700-1748), Leidener- bzw. Kleistsche Flasche - Kondensatorprinzip |
| 1752 |  | Benjamin Franklin (1706-1790), Blitzableiter |
| 1786 |  | Luigi Galvani (1737-1798), Froschschenkel-Versuche zur „tierischen Elektrizität“ |
| 1800 |  | Alessandro Volta (1745-1827), Voltasche Säule - erste Batterie |
| 1820 |  | Christian Oersted (1777-1851), Strom beeinflusst Magnetismus |
| 1820 |  | André Marie Ampère (1775-1836), Elektromagnetismus |
| 1826 |  | Georg Simon Ohm (1787-1854), Zusammenhang zwischen Stromstärke, Spannung und Widerstand (Ohmsches Gesetz) |
| 1831 |  | Michael Faraday (1791-1867), Elektromagnetische Induktion |
| 1866 |  | Ernst Werner von Siemens (1816-1892), Dynamomaschine - erster Generator |
| 1882 |  | Thomas Alva Edison (1847-1931), erstes Kraftwerk zur Stromproduktion (Gleichstrom) |
| 1888-1891 |  | Nikola Tesla (1856-1943), Wechselstromgenerator und Transformator für Hochspannungstechnik |

Abbildungen 1 bis 14:
Sondersammlungen des
Deutschen Museums