Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 55 (1964)

Heft: 1

Artikel: 200 Jahre Experimentierkunst mit Reibungselektrizität

Autor: Prinz, H.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-916667

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 10.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

200 Jahre Experimentierkunst mit Reibungselektrizität [1])

Von *H. Prinz,* München

537.221 : 9

Am 22. Oktober 1963 sind 300 Jahre vergangen, seitdem Monsieur *Balthasar de Monconys* aus Lyon den damaligen Bürgermeister von Magdeburg, *Otto von Guericke* besuchte und sich einige Experimente mit der von ihm erdachten Schwefelkugel vorführen liess. *Monconys* berichtete dazu, dass die Kugel nach ein wenig Reiben allerlei Blättchen verschiedener Gemüsearten und eine Flaumfeder angezogen habe und, was das Belustigendste war, diese Flaumfeder habe zurückfallen lassen und dann erneut angezogen habe und dieses dauernd ohne Ende [16] [2]).

Von kosmologischen Betrachtungen ausgehend, demonstrierte *Guericke* seine Schwefelkugel in einer für die Geschichte der Elektrizität bedeutsamen Zeitepoche, die um die Wende des 16. Jahrhunderts durch die denkwürdigen Versuche des englischen Arztes *William Gilbert* eingeleitet wurde und gegen Ende des 18. Jahrhunderts mit der Entdeckung der Kontaktelektrizität durch *Alessandro Volta* ihren Ausklang fand.

An den Geschehnissen jener Zeit haben hervorragende Gelehrte aus den verschiedenartigsten Berufen begeisterten Anteil genommen: Es waren Apotheker und Ärzte, Künstler und Philosophen, Botaniker und Philologen sowie Mathematiker und Physiker, die die wundersamen und oft viel bestaunten Experimente erstmals durchdacht und dann beobachtet und beschrieben haben. So konnte es nicht ausbleiben, dass manches Experiment der damaligen Zeit zu neuartigen Erkenntnissen geführt hat, die im Verlauf der späteren Entwicklung von weittragender Bedeutung geworden sind. In dieser Hinsicht sei der glänzenden Versuche *Stephen Gray*'s über die Fortleitbarkeit der elektrischen Kraftwirkung oder der Entdeckung *Du Fay's* von der Existenz zweier Elektrizitätsarten gedacht. Damals erkannte man auch erstmalig, dass es Stoffe gibt, die die Elektrizität gut und solche die sie schlecht leiten. Nicht weniger bedeutsam war das Leydener Experiment von den erschütternden und schlagversetzenden Wirkungen einer verstärkten Elektrizität, die in der damaligen Zeit das grösste Aufsehen erregte. Dann waren es *Benjamin Franklin*'s Versuche mit spitzigen Eisenstangen, die zu der wichtigen Erkenntnis führten, dass die von einer Gewitterwolke ausgehende Blitzmaterie elektrischer Natur sein müsse und über eine Wetterstange gefahrlos abgeleitet werden könne. In dieser Zeit wurde auch die zündende Wirkung eines elektrischen Funkens, das sog. elektrische Feuer entdeckt. Später sind dann, vor allem auf Anregung von *Joseph Priestley,* mit Hilfe grosser Leydener Flaschenbatterien elektrische Funken beachtlicher Stärke und Länge erzeugt und ihre explosionsartigen Wirkungen untersucht worden. Dabei konnten erstmals magnetische und chemische Phänomene einer strömenden Elektrizität beobachtet werden.

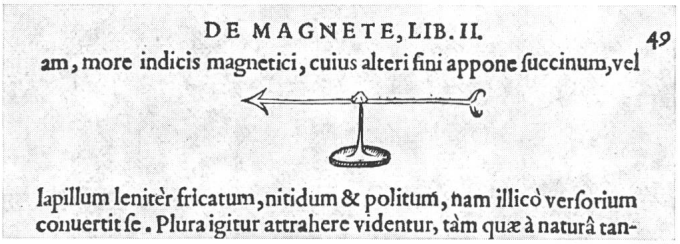
Der Bernsteineffekt

Es gehört wohl zu den nicht mehr ergründbaren Merkwürdigkeiten der Vergangenheit, dass die anziehende Wirkung von Bernstein auf leichte Stoffteilchen seit mehr als 2000 Jahren vor *Gilbert's* experimentellem Wirken bekannt gewesen war, ohne dass erkennbare Fortschritte hinsichtlich eines besseren Verständnisses des Bernsteineffektes vermerkt werden konnten. Es darf wohl mit Sicherheit angenommen werden, dass bereits im frühen Altertum diese Eigenschaft des Bernsteins zufällig und unbewusst beobachtet worden war. So berichtet *Gajus Plinius Secundus* in seiner um 78 n. Chr. erschienenen «Historia naturalis», dass in Syrien Spinnwirteln aus Bernstein unter dem Namen harpax im Gebrauch gewesen waren, die Blätter, Spreu und leichte Gewebefransen anzogen. Auch sollen syrische Frauen Bernstein als Haarschmuck verwendet haben, den sie harpaga nannten, was «anziehende Kraft» bedeutet. Eine ähnliche Wortdeutung für Bernstein findet sich im Persischen als karuba oder im Arabischen als kahrabā, was soviel wie »fähig Stroh anzuziehen» bedeutet [3]).

Die ersten schriftlichen Aufzeichnungen über den Bernsteineffekt sind im 4. Jahrhundert v. Chr. bei *Plato* in seinem Werk Timaios zu finden, in dem es heisst:

«Sodann auch alles Fliessen des Wassers sowie das Niederfahren der Blitze und die viel bewunderte vermeintliche Anziehungskraft des Bernsteins und des Magnets ist ebenso zu erklären.»

Um die gleiche Zeit erwähnt *Theophrastus von Lesbos,* ein Schüler von *Aristoteles,* in seinem Buch «De lapidibus», dass auch lyncurium [4]) die anziehende Kraft des Bernsteins besitze und nicht nur Stroh und Holzstückchen sondern ebenso Kupfer- und Eisenblättchen an sich ziehe.


DE MAGNETE, LIB. II. 49

am, more indicis magnetici, cuius alteri fini appone ſuccinum, vel

lapillum lenitèr fricatum, nitidum & politum, nam illicò verſorium conuertit ſe. Plura igitur attrahere videntur, tàm quæ à naturâ tan-

Fig. 1
1600. William Gilbert's Versorium
Aus «De Magnete» [8]

Erst im 12. Jahrhundert — also nach mehr als 1500 Jahren — ist die anziehende Wirkung an einem dritten Stoff beobachtet worden. *Alexander Neckam,* Pflegebruder von *Richard I.* von England erwähnt in seiner «De naturis rerum», dass der Gagatesstein — eine Pechkohlenart — schwarz und glänzend sei und nach Erwärmen durch Reibung Stoffe festhalte wie Bernstein.

Um die Mitte des 16. Jahrhunderts sind es dann *Agricola, Fracastoro* und *Cardano,* die zu neuen Erkenntnissen über den Bernsteineffekt beitragen. In einem im Jahre 1546 erschienenen Buch «De natura fossilium» fasst *Georg Agricola*

[1]) Zur Eröffnung des Instituts für Hochspannungs- und Anlagentechnik der Technischen Hochschule München am 19. November 1963.

[2]) Siehe Literatur am Schluss des Aufsatzes.

[3]) Neupersisch kāhrubā in der Bedeutung kāh = Stroh und rubā = anziehen. In alten Pahlavi-Texten findet sich kahrupâî, im Französischen carabé oder das nicht mehr gebräuchliche tire-paille.

[4]) Nach Ansicht moderner Mineralogen: Topaz, Turmalin oder Zirkon.

Quod videre licet, cùm aër media Hyeme rigidus fuerit, & clarus, tenuiſque; cùm effluuia telluris electrica minùs impediunt, & electrica firmiùs indureſcunt; de quibus poſteà. Alliciunt hæc omnia non feſtucas modò & paleas; ſed metalla omnia, ligna, folia, lapides, terras, aquam ipſam, & oleum; omniaque quæ ſenſibus noſtris ſubijciuntur, aut ſolida ſunt: quanquàm ſcribant non attrahere ſuccinum niſi paleas, & ramenta quædam, (quarè falſò Alexander Aphrodiſeus inexplicabilem quæſtionem dicit eſſe de ſuccino, quòd tantùm ſiccas attrahat paleas, nec folia ocimi) ſed illæ falſiſſimæ, & turpiſſimæ ſunt ſcriptorum narrationes. Sed vt poteris manifeſtè

Fig. 2
1600. William Gilbert verwendet zum ersten Mal das Wort «electrica»
Seite 48 seines Werkes «De Magnete» [8]

die Eigenschaften und die Verwendbarkeit von Bernstein zusammen und weist erneut auf seine anziehende Wirkung hin. Vier Jahre später veröffentlicht *Gexonimo Fracastoio,* Professor der Medizin an der Universität Padua eine Schrift mit dem Titel «De sympathia et antipathia», in welcher auch dem Diamanten als nunmehr vierter Substanz der Bernsteineffekt zugeschrieben wird. Der bedeutsamste Beitrag ist zweifellos dem Italiener *Geronimo Cardano* zu verdanken, einem hervorragenden Mathematiker und Arzt jener Zeit. Im V. Buch seines 1550 erschienenen Werkes «De subtilitate» weist er darauf hin, dass sich die anziehende Wirkung des Bernsteins und des Magnetsteins wesentlich voneinander unterscheiden würden. So ziehe der Bernstein alles an, was leicht ist, während der Magnetstein — was auch schon *Plutarch* bekannt war — seine anziehende Wirkung nur auf Eisen ausübe. Auch werde der Bernstein von Spreu nicht angezogen, wohl aber der Magnetstein von Eisen. Weiterhin übe der Bernstein an seinen Enden keine Kraftwirkung aus, während der Magnetstein das Eisen manchmal durch seinen Nordpol und manchmal durch seinen Südpol anziehe. Auch werde die Kraftwirkung des Bernsteins auf Spreu durch eine dazwischen gebrachte Substanz aufgehoben, nicht aber bei dem Magnetstein. Schliesslich könne die anziehende Wirkung des Bernsteins durch Wärme und Reibung, jene des Magnetsteins dagegen durch Säubern seiner Pole gesteigert werden.

De Magnete

Um die Wende des 16. Jahrhunderts leitet *William Gilbert,* geboren am 24. Mai 1544 zu Colchester, einen neuen Zeitabschnitt in der Geschichte der Elektrizität ein. Er studierte Medizin und begann 30jährig seine Praxis auszuüben. Vom Jahre 1581 an beschäftigte er sich dann eingehender mit magnetischen Experimenten und befasste sich dabei auch mit dem Bernsteineffekt in gründlicher Systematik.

Unter Verwendung eines von ihm erdachten Nadelelektroskopes (Fig. 1), das er versorium nennt, untersucht er der Reihe nach die verschiedenartigsten Substanzen auf ihre Fähigkeit, die Nadel anzuziehen. Dabei findet er, dass neben den bereits bekannten vier Substanzen noch weitere Stoffe in geriebenem Zustand die anziehende Wirkung des Bernsteins auszuüben vermögen. Diese Stoffe nennt er «electrica», wohl in Anlehnung an das griechische Wort ηλεκτρον (elektron) gleich Bernstein — im Lateinischen electrum oder succinum — und klassifiziert zu dieser Stoffgruppe 10 verschiedene Edelsteine, dann Glas, Schwefel und Siegellack. Im Gegensatz dazu ist an einer Reihe anderer Edelsteine, dann an verschiedenen Harthölzern und allen Metallen trotz starken Reibens keine solche Wirkung feststellbar. Ausserdem beobachtet er, dass Feuchtigkeit und Wasser die Kraftwirkung auslöschen, Öl dagegen nicht.

Im Jahre 1600 erscheint dann in London in einer für die damalige Zeit bemerkenswerten Darstellung sein umfassendes Werk «De Magnete», das sich allerdings in erster Linie mit den bis dahin bekannten magnetischen Erscheinungen befasst. Die elektrischen Experimente *Gilbert*'s werden nur in einem Kapitel II des 2. Buches unter dem Titel behandelt:

«De coitione magnetica, primumque de succini attractione, sive verius corporum ad succinum applicatione.»

Bei der Systematik, mit der *Gilbert* alle seine Versuche durchführte, handelt es sich bei dieser Darstellung, trotz ihrer kurzgefassten Form, um die erste wissenschaftliche Präsentation des Bernsteineffektes. Gilbert verwendet darin auch zum ersten Mal das Wort electrica (Fig. 2), mit seinen modifizierten Formen electricum und electricorum.

Nicht nur als Wissenschaftler sondern auch als Arzt hat sich *Gilbert* einen hervorragenden Namen gemacht. Als Mitglied des «Royal College of Physician», dessen Präsident er war, wurde ihm im Jahre 1601 die höchste Auszeichnung zuteil: Königin Elisabeth bestellte ihn zu einem ihrer Leibärzte. Fig. 3 zeigt ihn beim Experimentieren vor dem königlichen Hofstaat im Beisein von Sir *Walther Raleigh* und Sir *Francis Drake,* nach einer künstlerischen Interpretation von *A. Ackland Hunt,* die sich im Rathaus von Colchester befindet [5]).

Bereits 1602 gelangte das erste Exemplar von *Gilbert's* «De Magnete» nach Italien und erregte unter den dortigen Gelehrten grosses Aufsehen. Vor allem war es *Nicolao Cabeo,* Professor für Mathematik in Parma, der die Bedeutung der Gilbertschen Experimente erkannte und auf Grund eigener Versuche die Reihe der bekannten Electrica um einige neue Substanzen erweitern konnte, worüber in fünf Kapiteln des zweiten Buches seiner 1629 erschienenen Schrift «Philosophia magnetica» berichtet wird. Aber noch Gewichtigeres hat *Cabeo* beobachtet: Dass nämlich die von einem geriebenen Electricum angezogenen Teilchen nicht immer

Againe, the concretion of Ice will not endure a dry attrition without liquation; for if it be rubbed long with a cloth it melteth, but Cryſtall will caleſy unto electricity, that is a power to attract ſtrawes or light bodies, and convert the needle freely placed; which is a declarement of very different parts, wherein wee ſhall not at preſent
G 2 inlarge,

a

Alablaſter, Touchſtone, Flint and Bezoar. Glaſſe attracts but weakely though cleere, ſome ſlick ſtones and thick glaſſes indifferently: Arſenic but weakely, ſo likewiſe glaſſe of Antimony, but Crocus Metallorum not at all. Saltes generally but weakely, as Sal Gemma, Alum and alſo Talke; nor very diſcoverably by any frication: but if gently warmed at the fire, and wiped with a dry cloth, they will better diſcover their Electricities.

b

Fig. 4
1646. Thomas Browne verwendet zum ersten Mal das Wort «Electricity»
Aus seinem Buche «Pseudodoxia epidemica» [13]
a Seite 51; *b* Seite 79

[5]) Durch das Entgegenkommen des Stadtmagistrats von Colchester konnte durch Kunstmaler Günther Voglsamer, München, eine Gemäldekopie angefertigt werden, die sich im Dienstzimmer des Autors befindet.

durch ihr eigenes Gewicht herunterfallen, sondern manchmal bis zu einem Abstand von 3 oder 4 Fingerbreiten zurückgeschleudert werden. Das durch Reibung erregte Electricum zieht die Teilchen demnach nicht nur an, sondern stösst sie manchmal auch ab.

Die später erschienenen Veröffentlichungen [10; 15; 17] des in Rom wirkenden Professors für Mathematik, *Athanas Kircher* und seines Schülers *Kaspar Schott* behandeln zwar die «De electricis attractionibus», ohne aber in dieser Hinsicht neue Gedanken zu ergründen. Auch aus dem Descartesschen Werk «Principia philosophica» des Jahres 1644 sowie einem im gleichen Jahr veröffentlichten Buch [11] von *Kenelm Digby,* Kammerherr und Generalintendant des Seewesens unter Karl I. von England, sind keine neuen Erkenntnisse entnehmbar.

Electricity

In der Reihe der um diese Zeit erschienenen Bücher ist jedoch eines erwähnenswert: In einer interessanten Veröffentlichung des englischen Arztes *Thomas Browne* aus dem Jahre 1646 mit dem Titel «Pseudodoxia epidemica» erscheint nämlich zum ersten Mal das Wort «electricity» und zwar auf Seite 51 in Zusammenhang mit der nachstehenden Definition (Fig. 4):

«...electricity, that is a power to attract strawes of light bodies, and convert the needle freely placed...»

und dann auf Seite 79

«...but if gently warmed at the fire, and wiped with a dry cloth, they will better discover their Electricities.»

Die Magdeburger Schwefelkugel

Vermutlich um 1660 experimentiert *Otto von Guericke* (Fig. 5), geboren am 20. November 1602 zu Magdeburg mit einer kinderkopfgrossen Schwefelkugel, um so die von ihm als wirksam angenommenen Weltkräfte sichtbar nachzuweisen.

Um ihre virtus conservativa zu demonstrieren — so schreibt *Guericke* im 4. Buch seiner «Experimenta nova Magdeburgica de vacuo spatio» unter Kapitel XV (Fig. 6):

«lege man sie mittelst ihrer Achse über 2 Stützen ab etwa handbreit oberhalb deren Basis in der kleinen Maschine abcd und breite allerlei Blättchen oder Schnitzel von Gold, Silber, Papier, kleinen Bohnen oder andere Abschabsel, darunter aus und berühre jene durch Streichen mit einer recht trockenen Hand, so dass sie so 2 bis 3 mal ect. gerieben oder gestreift wird: So wird sie diese Schnitzel anziehen und, um ihre Achse gedreht, mit sich fortnehmen.»

Auch die virtus expulsiva kann man an dieser Kugel deutlich sehen:

«Sie zieht nämlich solche Körperchen nicht nur an, sondern stösst sie auch (nach Massgabe ihrer verschiedenen Zusammensetzung) wieder von sich ab, und zieht sie nicht eher wieder an, als sie einen anderen Körper berührt haben. Diese Kraft kann man aber am besten an weichen und leichteren Federchen beobachten (weil sie nicht so schnell zur Erde fallen als andere Schnitzelchen).»

Guericke hat damit erstmals klar erkannt, dass nach erfolgter Abstossung erst eine Berührung mit einem anderen Körper stattfinden muss, ehe eine neuerliche Anziehung möglich ist.

Erstmalig und erstaunlich ist auch seine Beobachtung, dass die Kraftwirkung der Schwefelkugel fortleitbar sei. *Guericke* schreibt dazu:

«Wenn man einen Leinenfaden, den man an der Spitze eines zugespitzten und auf einem Tische oder einer Bank befestigten Stück Holzes aufgehängt, länger als eine Elle herunterhängen lässt, so jedoch, dass er darunter einen anderen Gegenstand der um Daumenbreite entfernt ist, berühren kann, so wird das untere Ende des Fadens (so oft nämlich die erregte Kugel der Spitze des Holzstückes nahe gebracht wird) sich mit dem in der Nähe befindlichen Gegenstande verbinden. Dadurch kann man ganz sichtlich nachweisen, dass diese Kraft in dem Leinenfaden sich bis an's unterste Ende erstreckt habe, indem dieser den Gegenstand entweder anzieht, oder sich selbst anlegt.»

Die Kugel besitzt auch die Kraft des Tönens, «denn wenn man sie in der Hand hält oder so ans Ohr bringt, vernimmt man ein Rauschen und Knistern in derselben». Ebenso vermag die Kugel zu leuchten, «denn wenn man sie in ein dunkles Zimmer bringt und mit trockener Hand vorzüglich nachts, reibt, so leuchtet sie auf gleiche Weise, wie Zucker, wenn man ihn stösst» [6]).

Alle diese Beobachtungen sind neuartig und von grundlegender Bedeutung. *Guericke* war allerdings von der Wichtigkeit seiner Schwefelkugel-Experimente für die Elektrizität nicht überzeugt, denn er verwendet merkwürdigerweise an keiner Stelle seines Buches das Wort electrica, wie es bereits bei *Gilbert* der Fall gewesen war.

Nach Fertigstellung des Manuskripts im März 1663 erscheint das Buch — nahezu ein Jahrzehnt später — 1672 in Amsterdam. Noch im gleichen Jahr wird es in den Philosophical Transactions der wenige Jahre vorher gegründeten Royal Society [7]) unter ausdrücklichem Hinweis auf die Schwefelkugel rezensiert [20].

Noch eine bemerkenswerte Veröffentlichung erscheint um diese Zeit: Die Akademie von Florenz, die 1657 von Schülern *Galilei*'s gegründet worden war, berichtet über einen Versuch [18], bei dem ein Stück geriebenen Bernsteins nach Art eines Pendels an einem Faden aufgehängt gewesen war. Sobald nun ein Electricum in dessen Nähe gebracht wurde, konnte beobachtet werden, dass der Bernstein von diesem angezogen wurde. Die Florentiner folgerten hieraus, dass die anziehende Kraftwirkung eine gegenseitige sein müsse.

Vakuumversuche

Im Zusammenhang mit gedanklichen Betrachtungen über das Zustandekommen der elektrischen Kraftwirkung interessierte damals die besondere Frage, ob der Bernsteineffekt auch unter Vakuum erwartet werden könne. Die dazu erstmals von der Florentiner Akademie veranlassten Experimente [19], das Vakuum einer Torricellischen Röhre auszunützen, mussten aus apparativen Gründen ohne Erfolg bleiben.

Dann war es der englische Privatgelehrte *Robert Boyle*, der sich ebenfalls die Frage stellte,

[6]) Im Verlaufe eines mit *Gottfried Wilhelm* von Leibniz geführten Briefwechsels schreibt *Guericke* am 1. März 1672: «Desselben gar angenehmes vom 31. Januar hatt mich die uberkunfft der Schwöffel kugel verständigett und daß sie wegen anderer geschöffte noch nicht rächt probiret werden können, doch hette er die Wärme und funcken gar wohl verspührett etc. Nuhn weiß nicht, ob etwa ein mißverstand hierbey, weil mihr von Wärme bei der Kugel nichts bewußt, die funcken aber müsten etwa von dem leuchten zu verstehen sein ....».

Obwohl der Leibnitzsche Originalbrief, auf den sich *Guericke* bezieht, nicht mehr vorliegt, muss angenommen werden, dass *Leibniz* das von *Guericke* beobachtete Leuchten der Schwefelkugel später als kleine Fünkchen gedeutet hat.

[7]) 1660 durch Charles II. gegründet.

Fig. 3

1601/1603: William Gilbert aus Colchester (1544—1603) bei seinen Versuchen über die Elektrizität vor Königin Elisabeth von England und ihrem Hofstaat

Gemäldekopie von Kunstmaler G. Vogelsamer, München (1962). Original von A. Ackland Hunt (1903) im Rathaus von Colchester

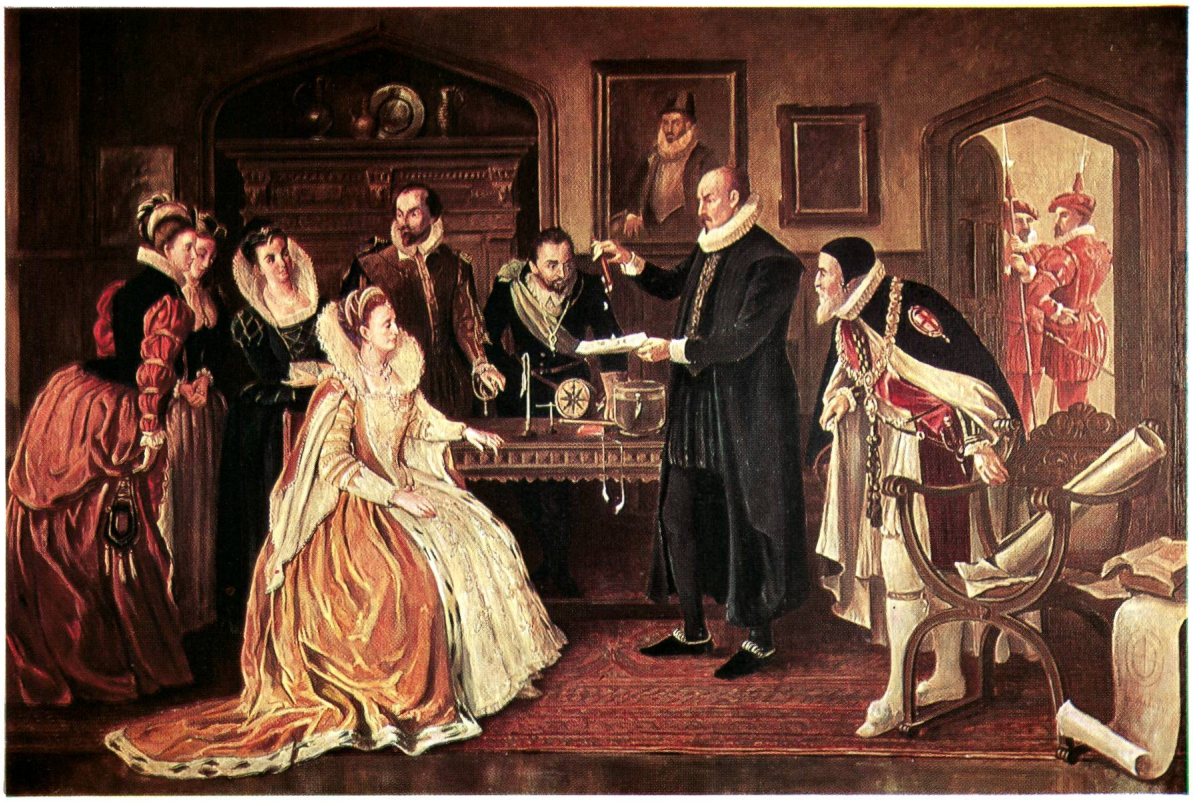


Fig. 5
1650. Otto von Guericke (1602—1686) nach einem Gemälde von J. Lauch
Original im Besitz der Preussischen Staatsbibliothek Berlin.
Aufnahme Deutsches Museum München

«...wheather amber would draw a light body in a glass when the air was pumped out».

Wohl angeregt durch *Guerickes* Buch, das ihm als Mitglied der Royal Society zugänglich gewesen sein musste, kommt er auf Grund von Versuchen in seiner 1675 veröffentlichten Schrift «Experiments and Notes about the Mechanical Origine or Production of Electricity» zu der Erkenntnis, dass die Kraftwirkung auch unter Vakuum unverändert wirksam sei. Dann führt er eine Reihe interessanter chemischer Versuche durch und stellt fest, dass die Destillierrückstände von Bernstein eine stärkere Anziehungskraft ausübten als das Ausgangsprodukt selbst.

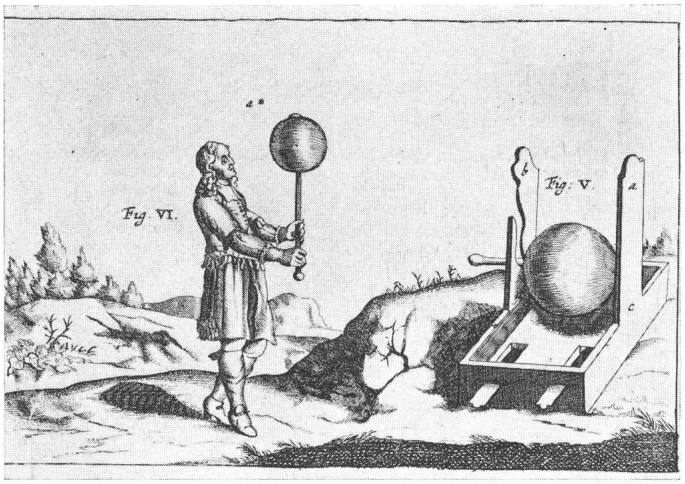


Fig. 6
Um 1660. Otto von Guericke experimentiert mit seiner geriebenen Schwefelkugel
Aus «Experimenta nova Magdeburgica de vacuo spatio 1672» [20]

Die leuchtende Glaskugel

Im gleichen Jahr machte der Astronom *Jean Piccard* während eines Abends die merkwürdige Beobachtung, dass beim Bewegen der Quecksilberfüllung eines Torricellischen Barometerrohres Leuchteffekte auftreten. Damals glaubte man noch, dass es sich dabei um eine Art Phosphorleuchten und nicht um ein elektrisches Phänomen als Folge der Reibung zwischen Quecksilber und Glaswand handeln würde.

Vier Jahrzehnte später beginnt *Francis Hauksbee,* Konservator der Royal Society und gelehriger Schüler von *Boyle* mit eigenen Experimenten und untersucht, vermutlich auf Anregung von *Isaac Newton,* der damals Präsident der Gesellschaft war, verschiedene Leuchteffekte. In Anlehnung an den Piccardschen Effekt lässt er zunächst Quecksilber in ein evakuiertes Glas einströmen und erzeugt dabei eine Art Leuchtfontäne.

Danach sind es die Boyleschen Vakuumversuche, die sein Interesse erregen. Im Jahre 1705 baut er sich eine Maschine (Fig. 7) mit einem grossen Antriebsrad, mit dessen Hilfe es ihm möglich ist, ein Bernsteinrädchen an Wolle und unter Vakuum fünfzehnmal schneller als mit der Hand zu reiben. Auch dabei treten Leuchterscheinungen auf.

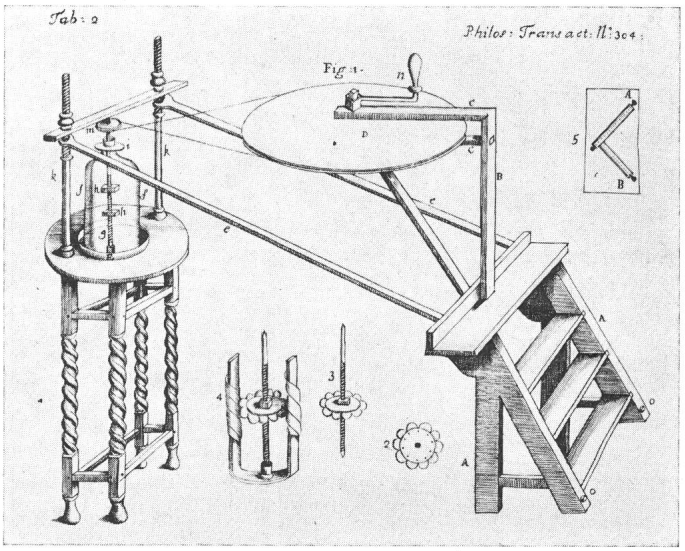


Fig. 7
21. 11. 1705. Maschine von Francis Hauksbee zum Reiben von Bernstein unter Vakuum
Aus «Several experiments on the attrition of bodies in vacuo» [24]

Im folgenden Jahr interessiert ihn, ob diese Leuchteffekte auch dann zu erwarten seien, wenn das evakuierte Glasgefäss selbst gerieben wird. Deshalb verschafft er sich eine evakuierbare Glaskugel von etwa 9 Fuss Durchmesser (Fig. 8), die mit Hilfe eines grossen Rades in schnelle Drehung versetzt werden konnte. Sobald er dann seine geöffneten blossen Hände auf die evakuierte Glaskugel auflegte, begann diese so hell zu leuchten, dass man bei abgedunkeltem Raum in Grossbuchstaben geschriebene Wörter gut lesen konnte. Bei diesem Versuch beobachtet er auch die radiale Orientierung von Bindfäden.

Dann setzt *Hauksbee* seine Versuche mit Glaszylindern fort. Dabei macht er die merkwürdige Beobachtung, dass innerhalb eines evakuierbaren Glaszylinders auch dann Leuchteffekte auftreten, wenn ein um diesen angeordneter zweiter Glaszylinder gerieben wird. Damit hat *Hauksbee* zufälligerweise die Erzeugung von Elektrizität durch Influenz

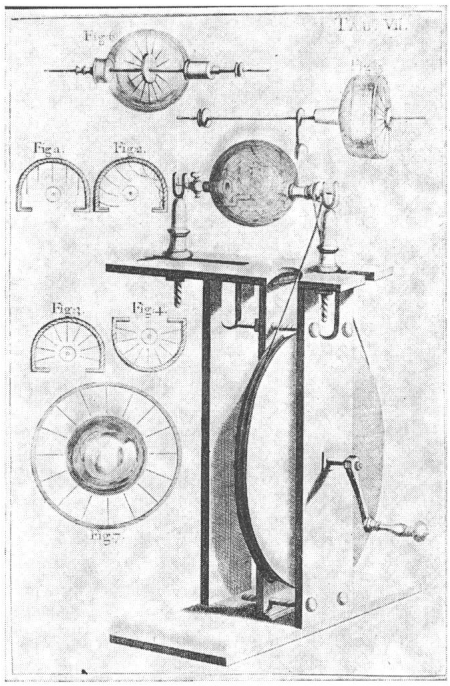


Fig. 8
1709. Von Francis Hauksbee konstruierter Apparat zum Nachweis des Leuchtens einer evakuierten geriebenen Glaskugel
Aus seinem Buche «Physico-Mechanical experiments on various subjects 1709» [28]

demonstriert. Insbesondere ist ihm dabei — also noch ein Jahr vor *William Wall* — der blitzähnliche Charakter der Leuchteffekte aufgefallen, denn er schreibt:

«...but approaching my hand near the surface of the outward glass to produce flashes of light like lightning in the inward one...»

1709 erscheint eine Zusammenfassung der Hauksbeeschen Versuche in Buchform, die auch im Ausland allseitiges Interesse findet. Zweifellos muss *Hauksbee* das Verdienst zugesprochen werden, die damaligen Vorstellungen über die Elektrizität, die sich im wesentlichen auf verschiedene Erscheinungsformen des Bernsteineffektes beschränkten, durch bedeutende Ergebnisse einer wohldurchdachten Experimentierkunst bereichert zu haben. Insbesondere sind in seiner Glaskugel mit Antriebmechanismus die ersten Anfänge einer Reibungs-Elektrisiermaschine erkennbar.

Fortleitung der elektrischen Kraftwirkung

Bekundetes Interesse und gern geübtes Experimentieren haben *Stephan Gray* dazu bewogen, sich eingehender mit der Elektrizität zu befassen. Seine in den Philosophical Transactions veröffentlichten Arbeiten zeichnen sich durch besondere Klarheit und bemerkenswerte Gedankenschärfe aus und gehören wohl zu den besten wissenschaftlichen Beiträgen der damaligen Zeit. Aus Canterbury stammend, beschäftigte sich *Gray* zuerst viele Jahre mit Astronomie und war dazu einige Zeit Assistent am Observatorium des Trinity College. Später experimentierte er mit *Theophilus Desaguliers,* einem persönlichen Freund *Newtons*, und assistierte ihm bei seinen Versuchen vor der Gesellschaft. Erst vor wenigen Jahren ist bekannt geworden [201], dass *Gray* schon im Jahre 1704 — also noch zu *Hauksbee*'s Zeit — mit eigenen elektrischen Experimenten begonnen hatte. Um diese Zeit hat er auch das Glimmen an Spitzen beobachtet. In einem Brief an die Royal Society vom 3. Januar 1708 heisst es nämlich:

«A small sharp pointed stick emitted light all the time the glass tube was rubbing.»

Gray's glänzendste Leistung war jedoch, die Fortleitbarkeit der elektrischen Kraftwirkung in einmaliger Experimentierkunst ergründet zu haben. Die ersten Anregungen dazu bekam er im Laufe des Jahres 1729, als er herausfinden wollte, ob eine mit Korkstopfen verschlossene Glasröhre nach dem Reiben eine andere Anziehungskraft ausübe, als eine offene. Nachdem ein merklicher Unterschied nicht feststellbar war, bemerkte er zufällig, dass die schwebende Feder bei verschlossener Glasröhre von dem Korken ebenso angezogen und abgestossen wurde, wie von der Glasröhre selbst. *Gray* war hierüber sehr verwundert, kam aber später zu der Meinung, dass «there was certainly an attractive virtue communicated to the cork by the excited tube». [8]) Als er herausgefunden hatte, dass auch andere Stoffe sich ähnlich verhalten wie Kork, wandte er sich der weiteren Frage zu, auf welche Entfernung die anziehende Kraft fortgeleitet werden könne. Er begann mit einem Spazierstock, dann mit einer Angelrute und schliesslich mit herabhängenden Bindfäden verschiedener Länge. Nachdem seine Bemühungen, die Kraftwirkung auch horizontal fortzuleiten, zu keinem Erfolg führten, besuchte er *Granville Wheler,* ein Mitglied der Royal Society und berichtete ihm über seine bisherigen Experimente. *Wheler* war sofort begeistert und machte den Vorschlag, die «Communicationsschnur» in der langen bematteten Galerie seines Hauses an Seidenschnüren aufzuhängen.

[8]) Nach dieser Darstellung kann kaum angenommen werden, dass *Gray* zu diesem Zeitpunkt von dem Guerickschen Leinenfaden-Experiment eine Ahnung hatte.

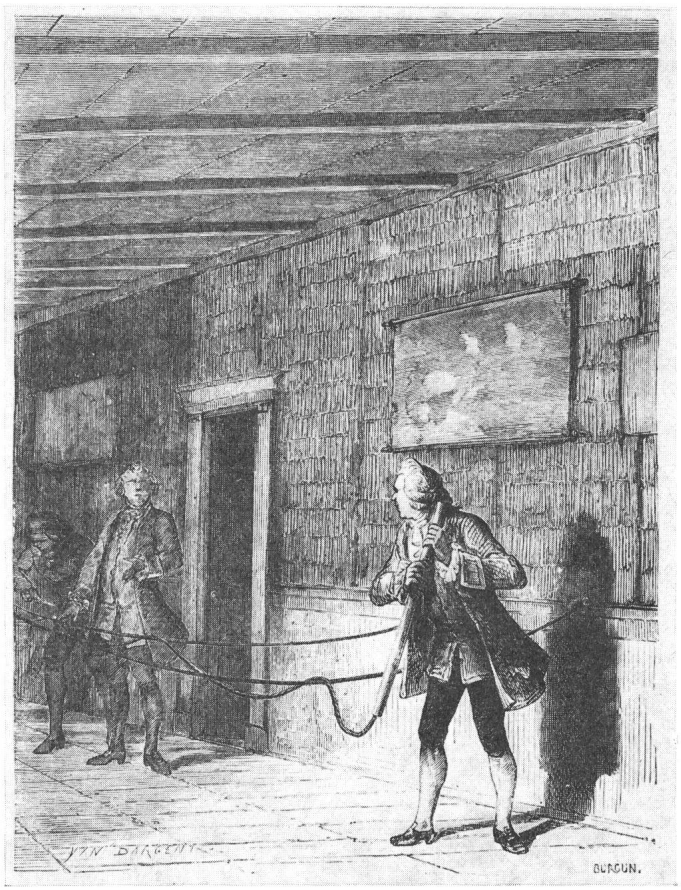


Fig. 9
2. Juli 1729. Experiment von Stephen Gray und Granville Wheler zum Nachweis der Fortleitbarkeit von Elektrizität über eine hänfene «Communicationsschnur»
Aus «Figuier» [169]

Der erste gemeinsame Versuch fand am 2. Juli 1729 statt. An dem einen Ende der 80,5 Fuss langen Schnur war ein Glasstab befestigt (Fig. 9), an dem anderen Ende eine Elfenbeinkugel, unter der sich auf weissem Papier Messingblättchen befanden. Sobald dann der Glasstab gerieben wurde, zog die Kugel die Messingblättchen an und hielt sie für einige Zeit fest. Ein Bericht über diesen Versuch findet sich in einem späteren Schreiben von *Gray* an den damaligen Sekretär der Royal Society London vom 8. Februar 1731, daraus ein Ausschnitt in Fig. 10 wiedergegeben ist.

Durch Auflegen einer zurücklaufenden Schnur konnte in einem zweiten Versuch die Länge auf 147 Fuss vergrössert werden. Um noch grössere Längen zu erreichen, begaben sich die beiden Experimentatoren in einen Schuppen, wo sie mit Hin- und Rückleitung der Schnur eine Länge von 293 Fuss überbrücken konnten. Am 14. Juli 1729 fand dann der interessanteste Gemeinschaftsversuch dieser Art statt. Über eine Länge von 650 Fuss wurden 6 Doppelpfähle eingeschlagen, deren Enden unter sich durch 2 Fuss lange Seidenschnüre verbunden wurden. Auf die Seidenschnüre ist dann die Communicationsschnur aufgelegt worden. Über diese so errichtete erste «Freileitung» konnte die Kraftwirkung mehrere Male erfolgreich in einer Richtung übertragen werden.

Diese Versuche sind in zweierlei Hinsicht bemerkenswert: Zunächst ist erstaunlich, dass die Übertragung von Elektrizität in so weitgehendem Mass mit Hilfe schlechter Leiter untersucht werden konnte. Dies war offenbar nur deshalb möglich, weil die Experimente von *Gray* und *Wheler* zufällig in Gegenden mit feuchtem Klima stattgefunden haben. Ausserdem erhebt sich die Frage, warum *Gray* nur mit Glasröhren und Glasstäben und nicht auch mit der Hauksbeeschen Glaskugel experimentierte. Es wird vermutet, dass sich Gray bei seinen Versuchen durch *Hauksbee's* Position als Konservator der Royal Society zurückgesetzt fühlte und deshalb eine Glaskugel für seine Versuche nicht verwenden wollte.

Nach der Veröffentlichung seiner Communications-Experimente in den Philosophical Transactions wurde *Gray* im Jahre 1732 als Fellow in die Royal Society aufgenommen.

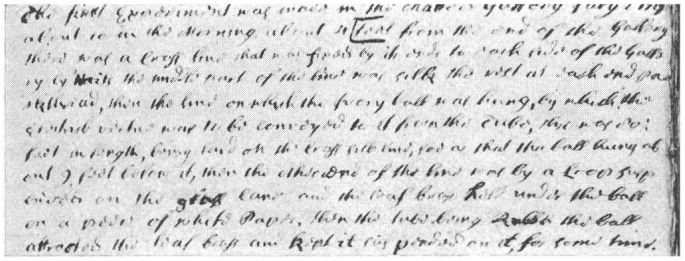


Fig. 10

8. 2. 1731. Auszug aus einem Brief Stephen Gray's an Cromwell Mortimer, Sekretär der Royal Society London

Lichtabdruck des Originalbriefes [32] mit folgendem Textauszug: «The first Experiment was made in the Matted Gallery July 2 1729, about 10 in the Morning. About 4 Foot from the End of the Gallery there was a Cross Line that was fixed by its ends to each side of the Gallery by 2 Nails the middle part of the Line was silk the rest at each end packthread, then the Line on which the Ivory ball was hung, by which the Electrick virtue was to be conveyed to it from the Tube, this was 80 1/2 Foot in length, being laid on the Cross Silk Line, so as that the ball hung about 9 Foot below it, then the other end of the Line was by a Loop suspended on the glass Cane and the leaf brass hold unter the ball on a piece of white Paper, then the Tube being rubbed the ball attracted the leaf brass and kept it suspendet on it for some time.»

Fig. 11

Demonstration des elektrischen Feuers nach einer künstlerischen Interpretation des Jahres 1774 [132]

Glas- und Harzelektrizität

Im Frühjahr des darauffolgenden Jahres erfuhr *Charles François de Cisternay Du Fay* zum ersten Mal von *Gray*'s interessanten Versuchen über die Elektrizität. Einer französischen Adelsfamilie entstammend, studierte *Du Fay* Chemie und befasste sich späterhin auch mit Medizin und Astronomie. Nach seiner Ernennung zum Verwalter des Königlich Botanischen Gartens zu Paris im Jahre 1732 begann er selbst mit Elektrizität zu experimentieren. Zunächst wiederholte er die Grayschen Versuche, wobei es ihm zusammen mit Abbé *Nollet* gelang, die Kraftwirkung über eine Communicationsschnur von 1256 Fuss hinweg zu leiten. Dabei beobachtet er, dass sich Glasröhren zum Auflegen der Schnur günstiger erweisen als die Whelerschen Seidenfäden und dass das Experiment umso besser gelingt, je feuchter die Schnur ist.

Dann experimentierte er in bewusster Anlehnung an den Guerickeschen Flaumfederversuch mit einem schwebenden Goldblättchen. Er machte dabei die merkwürdige Beobachtung, dass das Goldblättchen, nachdem es von einem geriebenen Glasstab angezogen und abgestossen worden war, von einem geriebenen Harzstück, entgegen allen Erwartungen abgestossen wurde. *Du Fay* schreibt dazu in den Mémoires de l'Académie Royale des Sciences des Jahres 1733:

«...je fus bien convaincu que la copal attiroit la feuille d'or, quoiqu'elle fût repusée par le tube.»

Und dann stellte er fest:

«Voila donc deux électricités bien démontrées... ...j'appelerai donc l'une l'électricité vitrée et l'autre l'électricité resineuse.»

Damit hat *Du Fay* erstmals die Vorstellung von der Existenz zweier Elektrizitätsarten klar ausgesprochen, nämlich einer Glaselektrizität und einer Harzelektrizität, für die *Benjamin Franklin* 14 Jahre später die noch heute üblichen Begriffe einer positiven und negativen Elektrizität eingeführt hat.

Konduktor und Isolator

Im Laufe der Versuche, die *Gray* zusammen mit *Wheler* an verschieden langen Communicationsschnüren durchführte, sind die tragenden Seidenschnüre bei einem der Versuche als Folge des zu hohen Gewichtes gerissen. Nach dem Auswechseln der Seidenschnüre durch Messingdrähte stellten sie dann überraschenderweise fest, dass beim Reiben des Glasstabes an dem einen Ende der Communicationsschnur keinerlei Kraftwirkung an dem anderen Ende beobachtet werden konnte. Offenbar musste die elektrische Kraftwirkung durch die Messingdrähte abgeleitet worden sein. *Gray* schreibt dazu:

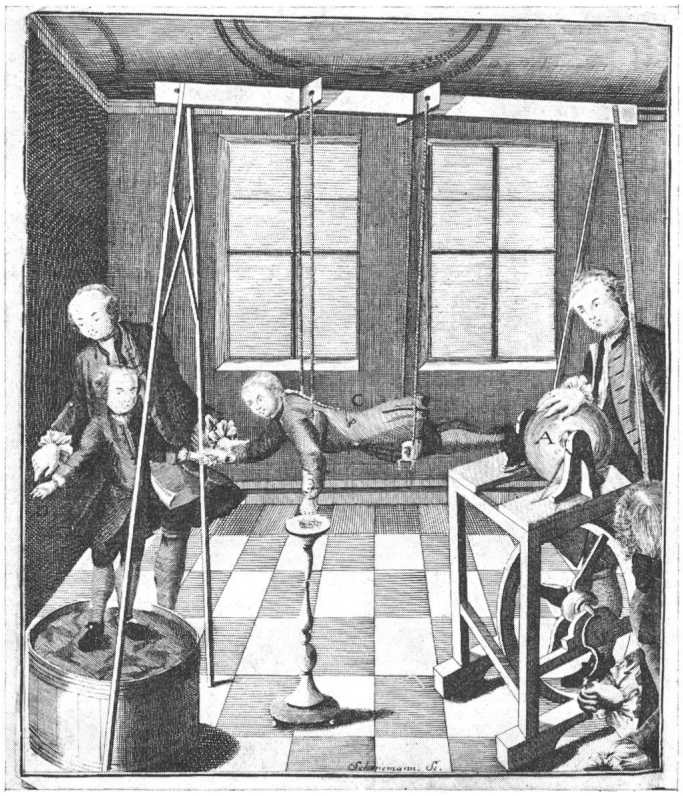


Fig. 12

1743. Prof. Christian August Hausen aus Leipzig experimentiert mit der Hauksbeeschen Glaskugel und einem isoliert schwebenden Knaben als Konduktor

Aus seinem Buche «Novi profectus in historia electricitatis 1743» [46]

«...that when the Effluvia come to the Wire... ...that supports the Line, it passes by them to the Timber, to which each End of them is fixed, and so goes no farther forward in the Line that is to carry it to the Ivory Ball.»

Doch erst 13 Jahre später wird von *Desaguliers* der begriffliche Unterschied von Konduktor und Isolator klar herausgestellt. In seiner 1742 erschienenen Dissertation [45] über die Elektrizität, die von der Akademie von Bordeaux mit dem ersten Preis ausgezeichnet worden war, ist erstmals von Konduktoren die Rede, die isoliert werden müssten, wenn sie elektrisch werden sollen. Zum Nachweis, ob ein Konduktor elektrisch ist, verwendet er einen «thread of Tryal», die erste Form eines Faden-Elektroskopes.

Der Mensch als Konduktor

Was aber würde geschehen, wenn man einen Menschen als Konduktor verwendete? Das erste Experiment dieser Art wagte *Stephan Gray* am 16. Juni 1731, indem er einen Knaben auf isolierende Harzkuchen stellte. Sobald er dann eine geriebene Glasröhre an den einen Fuss des Knaben anlegte, wurden die Goldblättchen von seiner Hand angezogen und abgestossen. Das gleiche geschah, wenn *Gray* mit seiner geriebenen Röhre die andere Hand des Knaben berührte. Ein Jahr später wiederholte er das Experiment, wobei er einen Knaben an Haarseilen waagrecht schweben liess und den anderen isolierend auf Harzkuchen stellte. Nachdem sich

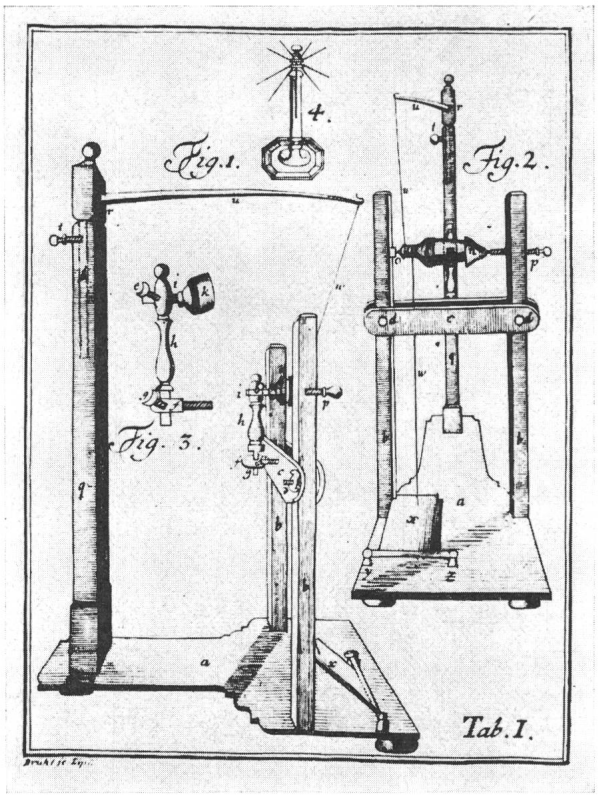


Fig. 13

1744. Tretbrett-Maschine mit Reibkissen von Prof. Johann Heinrich Winkler aus Leipzig [54]

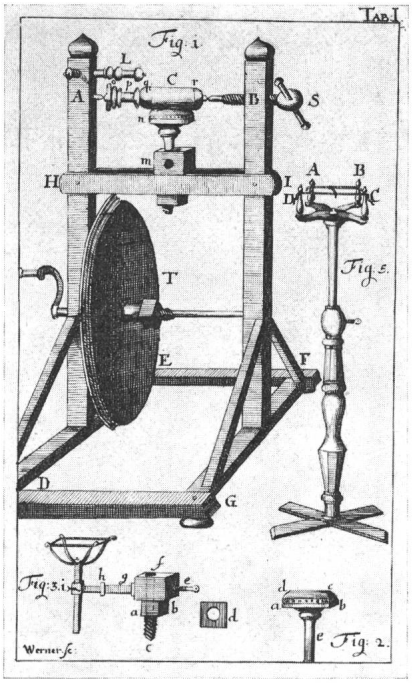


Fig. 14

1744. Reibungs-Elektrisiermaschine von Andreas Gordon, Professor der Physik in Erfurt

Aus seinem Buche «Phenomena electricitatis exposita» [47]

beide die Hände gegeben hatten, wurden die Goldblättchen von der Hand des auf dem Harzkuchen stehenden Knaben angezogen und abgestossen, sobald *Gray* einen Fuss des schwebenden Knaben mit der geriebenen Glasröhre berührte.

Prof. Bose aus Wittemberg war bestürzt, als er von diesen Experimenten erfuhr. In seinem Gedicht über die Elektrizität heisst es dazu:

«Verwegener Britte Gray, kennst Du genug die Kraft
von der unglaublichen und neuen Eigenschaft?
Und darfst Du Dich also, Verwegner unterwinden,
Die Electricität mit Menschen zu verbinden?»

1734 setzte *Du Fay* die Grayschen Experimente fort, indem er sich selbst auf Seidenschnüre schwebend auflegen und mit einem geriebenen Glasstab berühren liess. Als dann im Verlauf der Experimente sein Gehilfe mit der Hand zufällig in seine Nähe kam, bemerkte er zu seinem grössten Entsetzen, dass aus seinem Körper plötzlich ein feuriger Funke herausschoss, und von einem stichartigen und brennenden Schmerzgefühl begleitet war:

«...il sort de la partie du corps... ...une étincelle de feu accompagnée d'un bruit sensible... ...et accompagnée d'une douleur semblable à une piquûre ou à une brûleure, dont les deux personnes sont également effectuées.»

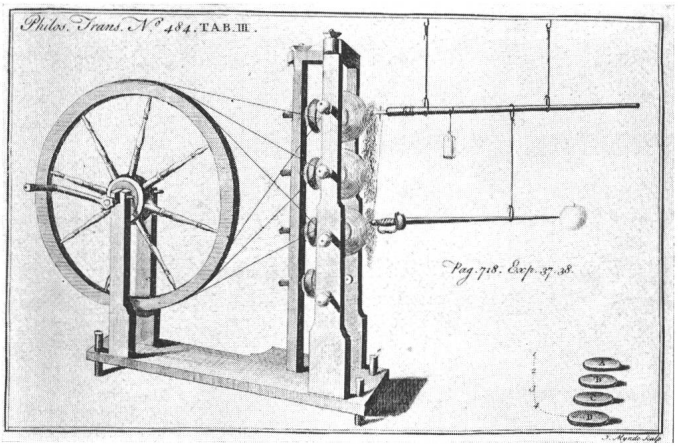


Fig. 15
1746. Dreikugel-Elektrisiermaschine des Apothekers William Watson [87]

Dann war es wieder *Gray*, der die erstaunlichen Experimente fortsetzte und zusammen mit *Wheler* beobachtete, dass sich die schlagversetzenden Funken nicht nur aus menschlichen und tierischen Körpern, sondern ebenso aus metallischen Gegenständen herausziehen liessen. Zuerst legte er einen Schürhaken, dann eine Feuerzange und schliesslich eine Kohlenschaufel auf die Seidenschnüre. Dann nahm er eine 4 Fuss lange Eisenstange, die er später durch zwei weitere verlängerte. Immer konnte er aus den aufgehängten Gegenständen mehr oder weniger starkes Feuer entnehmen. Es musste wohl *Gray* zum Bewusstsein gekommen sein, dass eine weitere Steigerung des Feuereffektes erwartet werden müsse:

«...it is probable in time there may be found out a way to collect a greater quantity of it [9]), and consequently to increase the force of this electrick fire...»

Gray hatte gut vorausgeahnt, denn nur wenige Jahre später ist in Leyden die verstärkte Elektrizität entdeckt

[9]) Gemeint ist «communicative electricity».
[10]) Äthylalkohol.
[11]) Erfinder des elektrischen Glockenspiels und des Ionenrades.
[12]) Etwa 180 m.

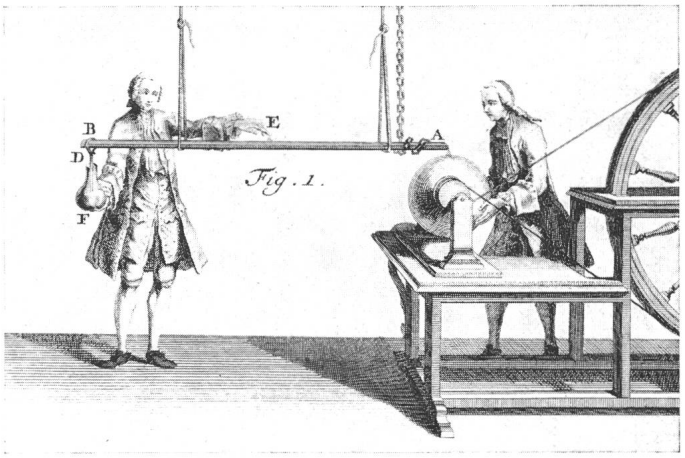


Fig. 16
1746. Versuche mit verstärkter Elektrizität unter Verwendung einer zweihändig geriebenen Glaskugel [66]

worden, die in dem menschlichen Konduktor in ihren ersten Auswirkungen erkennbar ist.

Das elektrische Feuer

Um jene Zeit gelingt es dem Feld-Medikus *Christian Friedrich Ludolff*, Mitglied der Akademie der Wissenschaften zu Berlin, den experimentellen Nachweis zu führen, dass das elektrische Feuer eine ebenso zündende Wirkung besitze wie das Elementarfeuer: In der Akademiesitzung vom 24. Januar 1744 entzündete er mittels eines elektrischen Funkens eine vorgewärmte Probe von Spiritum Frobenii [10]). Nachdem dieser Versuch auch mit einer elektrisierten Person bekannt geworden war (Fig. 11), ist der Elektrizität neue Bewunderung zuteil geworden.

Noch im gleichen Jahr stellt sich der Benediktinermönch *Andreas Gordon* [11]), Professor der Physik in Erfurt, die Frage, ob das elektrische Feuer fortleitbar sei. Er verlegt zu diesem Zweck einen dünnen Eisendraht bis zu einer Länge von 650 geometrischen Schuhen [12]) auf isolierende Schnüre und beobachtet bei seinen Experimenten, dass das am Drahtende entnehmbare Feuer besonders stark sei:

«Die herausfahrenden ungewöhnlich starken Funken waren sehr empfindlich und verursachten einen heftigen Schmerzen an der Hand, dem Gemüthe aber ein desto grösseres Vergnügen.»

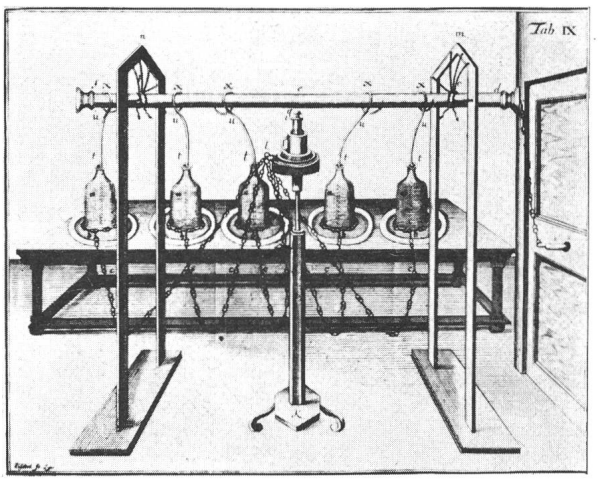


Fig. 17
7. 5. 1746. Erste Kondensatorbatterie mit 5 Leydener Flaschen nach Prof. Winkler
Aus seinem Buche «Die Stärke der electrischen Kraft des Wassers in gläsernen Gefässen, welche durch den Musschenbroekschen Versuch bekannt geworden 1746» [68]

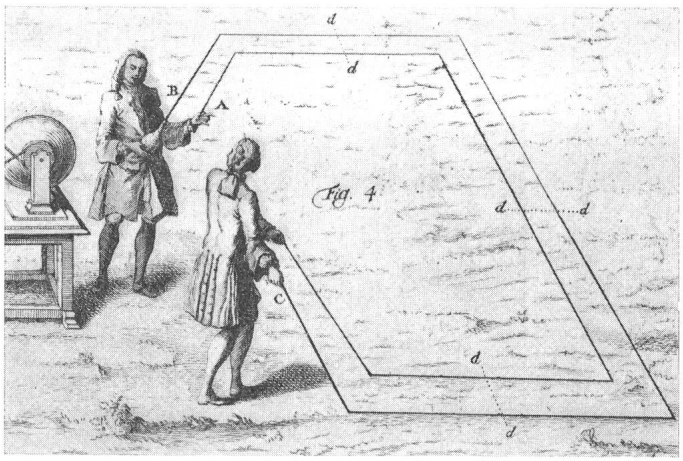


Fig. 18
1746. Experimente des französischen Arztes Le Monnier über die Elektrizitätsleitung [71]

Auch hier werden die schmerzverursachenden Wirkungen einer offenbar stärker gewordenen Elektrizität vermerkt.

Die ersten Elektrisiermaschinen

Trotz dieser erstaunlichen Erkenntnisse bleibt die Tatsache verwunderlich, dass beim damaligen Experimentieren mit Reibungselektrizität ausschliesslich Glasröhren verwendet wurden, obwohl in den bekannten Physikbüchern [30; 43; 44] jener Zeit die Hauksbeesche Glaskugel eingehend beschrieben worden war. Auch in einer lateinischen Schrift von *Johann Jakob Schilling,* Professor für Philosophie und Mathematik an der früheren Universität Duisburg, finden sich Hinweise auf den globus vitreus.

Erst der Leipziger Professor für Mathematik, *Christian August Hausen* scheint die Bedeutung der Hauksbeeschen Glaskugel zum Zwecke des Experimentierens richtig erkannt zu haben. In seiner im Jahre 1743 erschienenen Schrift über «Novi profectus in historia electricitatis» finden sich nämlich konkrete Hinweise über die Art der von ihm durchgeführten Versuche. Insbesondere zeigt das Titelkupfer der Schrift (Fig. 12) eine Hauksbeesche Glaskugel und, in Anlehnung an *Gray* einen isoliert schwebenden Knaben als Konduktor. Der Danziger Historiker *Daniel Gralath* schreibt über die Bedeutung dieser Experimente in seiner zeitgenössischen «Geschichte der Elektrizität»:

«Dieses aber ist gewiss, dass die electrischen Versuche in Deutschland erst zu der Zeit in Ansehen gekommen, da Herr Hausen solche kurz vor seinem Tode in Leipzig angestellte...».

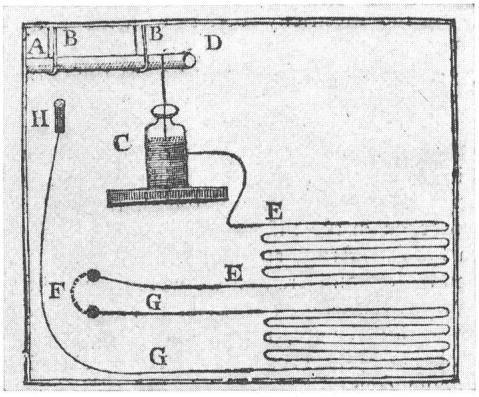


Fig. 19
1748. William Watson's Darstellung eines elektrischen Stromkreises [87]

Durch die Hausenschen Experimente angeregt, hat sich dann sein Kollege *Johann Heinrich Winkler,* Ordinarius der Altphilologie, eine Maschine ausgedacht, bei welcher die menschliche Hand als Reibzeug durch ein Reibkissen ersetzt sein sollte. Wie *Winkler* selbst berichtete, hat ihn der Leipziger Drechslermeister *Giessing,* mit dem er den Bau seiner Maschine besprach, auf diesen Gedanken gebracht. So bekam die Maschine ein mit Leder überzogenes «Küßchen», das zur Erhöhung seiner Wirksamkeit mit Kreide bestrichen war. Um eine bessere Auflage des Reibkissens zu erreichen, war die Glaskugel durch einen konisch geformten Hohlglaskörper ersetzt. Trotz dieser Verbesserungen hat die Winklersche Tretmaschine (Fig. 13) nicht befriedigen können, da bei ihr die gleichgerichtete Drehbewegung der Hauksbeeschen Maschine durch eine hin- und hergehende Bewegung nach Art einer Drechselbank ersetzt war.

Die vollkommendste Reibungs-Elektrisiermaschine jener Zeit ist zweifellos von Prof. *Gordon* in seinem Buch «Phenomena electricitatis exposita» beschrieben worden. Die Maschine bestand aus einem grossen Antriebsrad (Fig. 14), einem Hauksbeeschen Glaszylinder, dann einem lederüberzogenen Reibkissen mit Rosshaarpolsterung und einem Metallkonduktor, der auf ein besonderes Isoliergestell nach Fig. 5 aufgesetzt werden konnte.

Fig. 20
1745. Maschine zur Electrification nach Prof. Johann Gottlieb Krüger
Aus seinem Buche «Zuschrift an seine Zuhörer 1745» [53]

In Frankreich hat sich das Winklersche Reibkissen nur zögernd durchsetzen können. Abbé *Nollet,* Mitglied der Pariser Akademie der Wissenschaften und hervorragender Gelehrter vertrat nämlich die Meinung, dass das Reibkissen nicht zuverlässig sei und ausserdem der Gefahr eines möglichen Zerknallens einer Glaskugel dadurch begegnet werden könne, dass man diese mit beiden Handflächen reibe.

Im Zusammenhang mit dem Bau der ersten Reibungs-Elektrisiermaschine stellt sich in jener Zeit sehr bald die

Frage, wie ihre Wirksamkeit verbessert werden könne. Einen sehr bemerkenswerten Vorschlag in dieser Richtung machte Prof. *Winkler*, indem er gleichzeitig mehrere Glaskörper in Drehbewegung versetzte. In seinem im Jahre 1745 erschienenen Buch [55] beschreibt er eine Maschine, mit der zugleich 8 konische Hohlgläser elektrisiert werden konnten. Der englische Apotheker und Arzt *William Watson* hat eine nach dem gleichen Prinzip arbeitende Dreikugel-Elektrisiermaschine gebaut (Fig. 15).

Was ist Elektrizität?

Von nicht minderer Bedeutung war damals die Frage nach der Wesensart der Elektrizität und ihren Wirkungen. Aber soviel Mühe sich auch die Naturkündiger jener Zeit gaben, so wenig konnte doch zur Ergründung ihrer Verursachung herausgefunden werden. Der Nürnberger Mathematikprofessor *J. G. Doppelmayr* schreibt dazu in Kapitel I seines 1744 veröffentlichten Büchleins:

«Worinnen die Electricität bestehe: dass die Cörper an sich, entweder leicht, oder mühsam oder gar nicht electrisch gemacht werden können; dass ebenfalls die Cörper, entweder an sich selbsten, oder durch die Communication, eine electrische Kraft überkommen; endlich daß die Electricität in vitream und resinosam, oder in eine glaßmässige und hartzmässige, dann aber in eigene und fremde gantz schicklich eingetheilet werde.»

Um die gleiche Zeit hat die Königliche Akademie der Wissenschaften zu Berlin einen Preis von 50 Dukaten demjenigen in Aussicht gestellt, «welcher die wahre Ursache von der Electricität der Cörper, und von allem, was bisher darinnen ist entdeckt worden, am besten erklären wird...». Der Preis wurde am 31. Mai 1745 dem Königlich Schwedischen

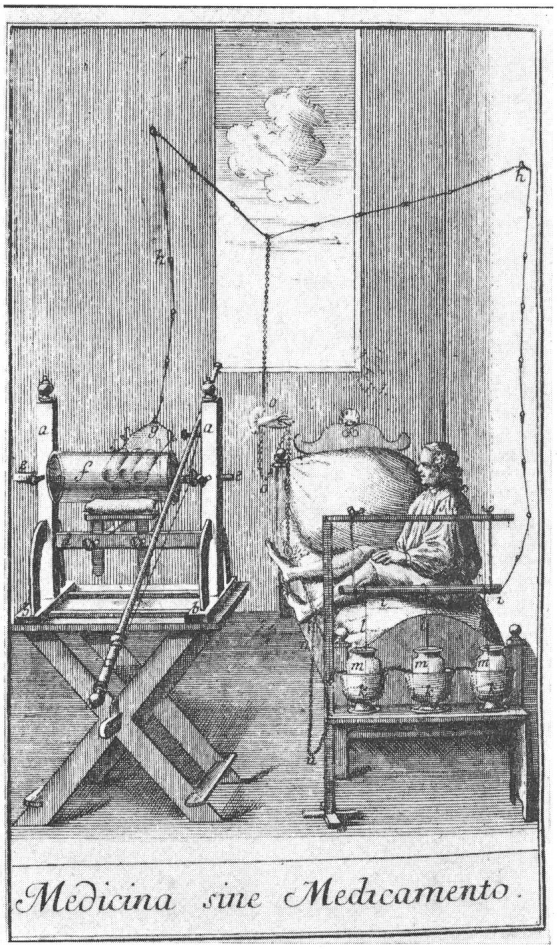


Fig. 21
1752. Medizin ohne Medikamente nach Johann Gottlieb Schäffer [103]

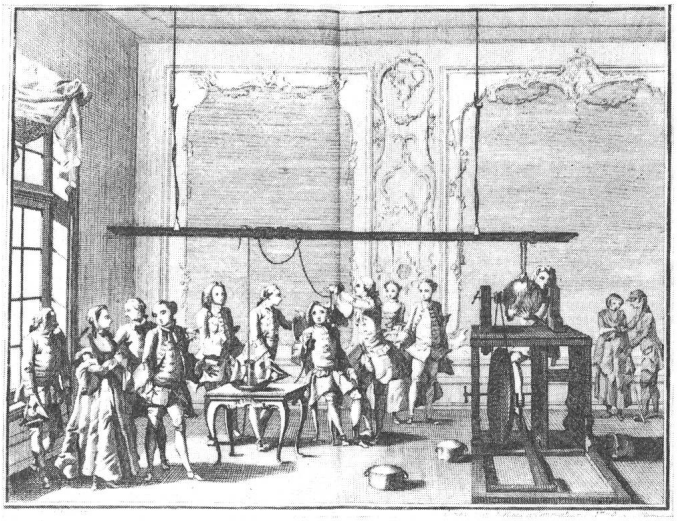


Fig. 22
1754. Krankenbehandlung mit Reibungselektrizität nach Lorenz Spengler [109]

Finanz- und Bergrat zu Kassel, *J. H. Waitz* für seine bemerkenswerte «Abhandlung von der Electricität und deren Ursachen» einmütig zuerkannt. In 9 Kapiteln versucht *Waitz* das Wesen der Elektrizität an Hand durchgeführter Experimente zu ergründen und glaubt feststellen zu können, dass die elektrische Materie Elastizität besitze und von der Materie des Feuers gar nicht oder nur sehr wenig verschieden sei; weiterhin müsse sie noch subtiler als Luft sein.

Die Leydener Flasche

Zu Beginn des Jahres 1745 besuchte Mr. *Trembley*, Fellow der Royal Society, seinen Freund *Allamand*, damals Assistent bei Prof. *Musschenbroek* an der Universität Leyden und liess sich einige seiner Experimente vorführen. Besonders aufregend erschien ihm ein Experiment, über das er in seinem Brief an *Martin Folkes*, Präsident der Royal Society, mit Datum vom 4. Februar 1745 wie folgt berichtete:

«There is an Experiment that Mr. l'Allamand has tried; he electrify'd a tin Tube, by means of a glass Globe; he then took in his left Hand a Glass full of Water, in which was dipped the End of a Wire; the other End of this Wire touched the electrified tin Tube: He then touch'd, with a Finger of his right Hand, the electrified Tube, and drew a Spark from it, when at the same Instant he felt a most violent Shock all over his Body... ...Mr. Musschenbroek the Professor has repeated his Experiment, holding in his Hand a hollow Bowl exceeding thin, full of Water; and he says he experienced a most terrible Pain.»

Dieser Brief, in dem zum ersten Mal über die schlagversetzende Wirkung der sog. verstärkten Elektrizität — wie sie damals hiess — berichtet wird, ist am 13. Februar 1746, also 1 Jahr später, in der Gesellschaft vorgelesen und dann in den Philosophical Transactions vom Januar/Februar 1746 veröffentlicht worden.

Offenbar war auch Prof. *Musschenbroek* über diese neuartige Eigenschaft der Elektrizität mehr als bestürzt: Am 17. Januar 1746 schrieb er nämlich an *René de Réaumur* in Paris die folgenden Zeilen:

«Je veux vous communiquer une expérience nouvelle, mais terrible, que je vous conseille de ne point tenter vous même... ...j'avois suspendu à deux fils de soie bleue [13]) un canon de fer AB

[13]) Für die Farbtönung der in jener Zeit verwendeten Geräte hat man einem Blau sehr oft den Vorzug gegeben. So berichtete *Goethe* über seinen Besuch bei Prof. *Winkler* unter anderem: «.... Die Gestelle waren sämtlich blau angestrichen; man brauchte ausschliesslich blaue Seidenfäden zum Anknüpfen und Aufhängen der Theile des Apparates ....».

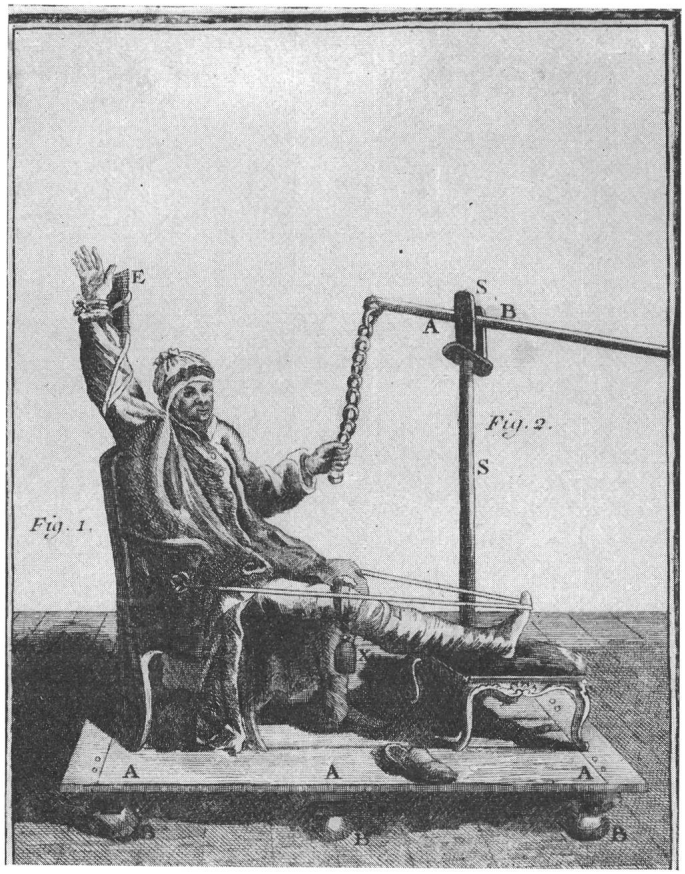


Fig. 23
1780. Behandlung eines Gelähmten nach Abbé de Sans [145]

(Fig. 16) que recevoit par communication l'électricité d'un globe de verre... ... à l'autre extrémité B pendoit librement un fil de laiton, dont le bout était plongé dans un vase de verre D rond, en partie plain d'eau, que je tenais dans ma main droite F et avec l'autre main E, j'essayais de tirer des étincelles du canon de fer électrifié; tout d'un coup ma main droite F fut frappée avec tout de violence, que j'eus tout le corps ébranlé comme d'un coup de foudre... ...en un mot, je croyais que c'étoit fait de mois...»

Die Nachricht, dass der berühmte Naturforscher und Professor der Experimentalphysik, *Petrus van Musschenbroek,* von einem elektrischen Funken so heftig betroffen worden sei, dass er den Schlag mit der Kraft des Blitzes verglichen habe, erregte das allergrösste Aufsehen.

So konnte es nicht ausbleiben, dass auch andere Naturforscher sich mit dem Musschenbroekschen Experiment befassten. Durch den Réaumurschen Brief aufmerksam gemacht, begann *Abbé Nollet* bald mit einer «Bouteille de Leyde», wie er sie nannte, zu experimentieren, wobei es ihm nicht erspart geblieben war, ähnliche schlagversetzende Wirkungen zu erfahren. Zudem meinte er, dass die verstärkte Elektrizität auch an einer «communicierenden Personenkette» wirksam sein müsse. Der grossartigste Schauversuch dieser Art fand im April 1746 vor Ludwig XV. und seinem Hofstaat im Schloss Versailles statt: *Nollet* liess zu diesem Zweck 180 Soldaten der Königlichen Garde im Kreis aufstellen und sich untereinander die Hände geben. Unerwartet versetzte er dann der Personenkette einen gehörigen Schlag, wobei alle Soldaten, zum Gelächter der Anwesenden, fast gleichzeitig in die Luft sprangen. Kurze Zeit darauf wiederholte er dieses Experiment in Paris mit 700 Kartäuser-Mönchen.

Als Prof. *Winkler* von dem Leydener Experiment hörte, machte er sogleich Versuche an sich und seiner Frau und beschrieb seine schrecklichen Erfahrungen in einem Brief an einen Freund in London. Noch im gleichen Jahre verfasste er eine bemerkenswerte Schrift über «Die Stärke der electrischen Kraft des Wassers in gläsernen Gefässen, welche durch den Musschenbroekschen Versuch bekannt geworden» und berichtet darin über Versuche, die erkennen liessen, dass die verstärkende Wirkung durch Hinzunehmen weiterer Glasgefässe ganz wesentlich verbessert werden könne. Deshalb schaltete er mehrere Leydener Flaschen zu einer Batterie zusammen (Fig. 17).

Oft ist behauptet worden, dass dem Prälaten von *Kleist* aus Cammin in Anbetracht seiner eigenen Versuche vom 11. Oktober 1745 die Priorität der Leydener Flasche zugesprochen und deshalb richtiger von einer «Kleistschen Flasche» die Rede sein müsse. Diese Behauptung ist inzwischen von anderer Seite [205] widerlegt worden. Ausserdem erscheint es fraglich, ob Kleist überhaupt das Wesentliche des Leydener Experiments erkannt hatte, denn wiederholte Bemühungen anderer Naturforscher, das von *Kleist* beschriebene Experiment selbst zu verwirklichen, haben nicht zu dem gewünschten Erfolg geführt. Auch *Gralath* versuchte sich am 17. Dezember 1745 erfolglos. Auf die daraufhin von ihm vorgetragenen Bedenken gab *Kleist* die merkwürdige Antwort: «Dass nur derjenige, welcher das Glas in der Hand hält, die heftige Wirkung empfinden sollte, habe ich nicht melden können, weil solches wider meine Erfahrung ist.» Damit sei begreiflich, so bemerkt *Gralath,* warum so viele geschickte Naturforscher mit dem Kleistschen Experiment nicht haben zurecht kommen können.

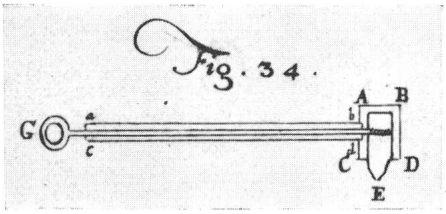


Fig. 24
1780. Behandlungsapparate nach C. Steiglehner [140]

Wenig später machte der Engländer *John Bevis* den Vorschlag, das Wasser der Leydener Flasche sowie auch die das Glas umfassende Handfläche durch Blei- oder Zinnfolien zu ersetzen und an Stelle einer Glasflasche eine Glasplatte zu verwenden. So verwirklichte *Bevis* den ersten Plattenkondensator.

Fortleitbarkeit und Geschwindigkeit verstärkter Elektrizität

Gedanken über die Wesensart der verstärkten Elektrizität gaben Veranlassung, Neuartiges über ihre mögliche Fortleitbarkeit herauszufinden. Die ersten konsequenten Versuche dieser Art sind im Verlauf des Jahres 1746 von *Le Monnier,* Leibarzt Ludwig XV. und Professor der Botanik am Königlichen Garten durchgeführt worden. Nach Vorversuchen liess er um das Kloster von Chartreux zwei Eisendrähte von je 950 Toise [14]) in einem Abstand von etwa 20 Fuss auslegen und ihre Enden an einem Beobachtungspunkt zusammenführen (Fig. 18). Dort hatte ein Beobachter C die beiden Drähte festzuhalten, damit während des Experiments die Elektrizität über ihn und die Drähte hinwegfliessen konnte. Zudem war es ihm möglich, den elektrischen Funken zu sehen, der beim Annähern einer Leydener Flasche auf das Drahtende B übersprang. Dabei musste er beurteilen, ob der in seinen beiden Armen zu verspürende Schlag nach der Funkenexplosion oder mit ihr gleichzeitig zu vermerken war. Nachdem alles so angeordnet werden konnte, so schreibt *Le Monnier,* nahm ich das Drahtende A in meine linke Hand und legte an das Drahtende B eine geladene Flasche an. Jedesmal, wenn dies geschah, kam der Beobachter zu der Überzeugung, «qu'il n'y avoit pas le moindre instant saisissable entre la lumière et le coup.» Schliesslich kommt *Le Monnier* zu der Meinung, dass die Geschwindigkeit der elektrischen Materie wenigstens dreissigmal grösser sein müsse, als jene des Schalles.

Fig. 26
Um 1800. Der elektrische Kuss
Aus Bildarchiv Deutsches Museum München

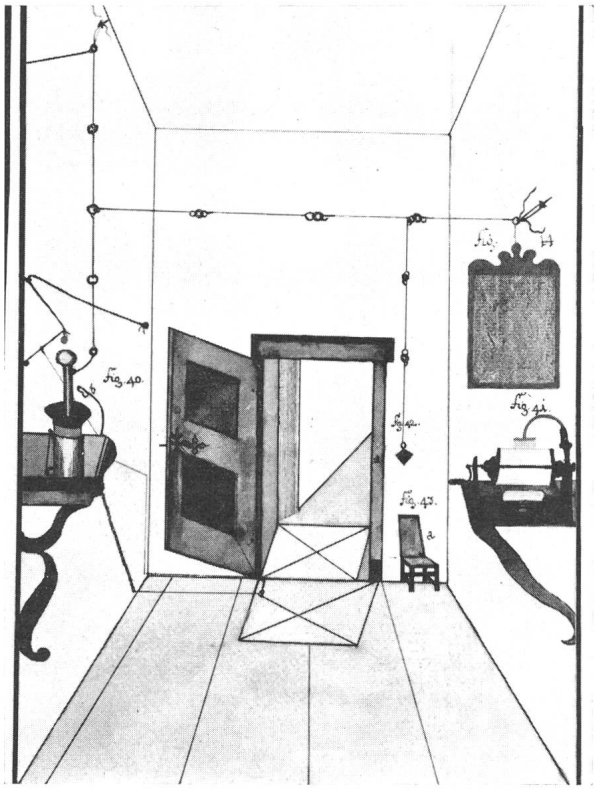


Fig. 25
1773. Physikalisches Kabinett nach J. Wagenecker [130]
«Fig. 40» ein Erschütterungs-Hafen; «Fig. 41» Elektrisiermaschine; «Fig. 42» Das messinge Viereck; «Fig. 43» Der elektrische Sessel mit Blechen und Drähten; «Fig. 44» Der elektrische Spiegel

Im Juli des nächsten Jahres wiederholte *Watson* das Le Monniersche Experiment an der Themse und am New River unter Mitwirkung hervorragender Persönlichkeiten der Royal Society. Dabei gelingt es seinen Beobachtern, merkliche elektrische Schläge noch bis zu Entfernungen von 2800 Fuss über Land und nahezu 8000 Fuss über Wasser wahrzunehmen. *Watson* glaubt deshalb:

«that by comparing the respective Velocities of Electricity and Sound, that of Electricity in any of the Distances yet experienced, is nearly instantaneous.»

Der elektrische Stromkreis

Aber noch Bedeutsameres stellte *Watson* fest: In den Philosophical Transactions des Jahres 1748 erscheint nämlich eine Abbildung seiner Fortleitungsversuche mit Elektrizität (Fig. 19), die erstmals das Prinzip des elektrischen Stromkreises erkennen lässt: Die Stromquelle C in Form der Leydener Flasche, die Drahtverbindungen E und G, den Beobachter F als «Anzeigeinstrument» und schliesslich die kurze Eisenstange H als Schalter zur Auslösung der elektrischen Explosion. *Watson* spricht in diesem Zusammenhang von

[14]) Etwa 1850 m.

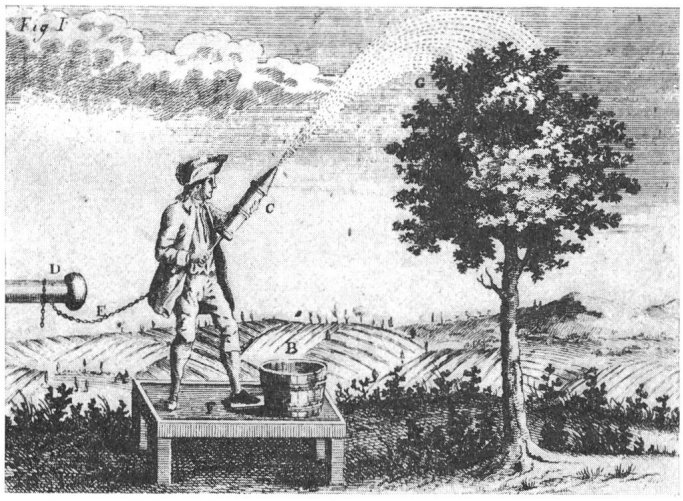


Fig. 27
1785. Elektrische Beregnung nach Abbé Bertholon
Aus seinem Buch «Über die Elektricität in Beziehung auf die Pflanzen» [152]

einem «Circuit» und stellt fest, dass Metalle die elektrischen Kräfte am besten fortleiten könnten.

Spitzenwirkung

In dieser ereignisreichen Zeit des Experimentierens mit Elektrizität erfährt *Benjamin Franklin,* damals 37jährig und aus Philadelphia stammend, erstmalig von ihren viel bestaunten Erscheinungsformen. Wenig später beginnt er mit eigenen Versuchen und stellt dank seiner scharfen und ausgeprägten Beobachtungsgabe fest, dass eine spitzige Metallstange einen elektrisierten Körper sehr viel leichter entladen könne als eine stumpfe. Von besonderer Bedeutung erschien ihm dabei die Frage zu sein, ob sich eine Metallspitze gegenüber einer Wolke ähnlich verhalte. Wenn dies so sei, so argumentierte er, dann müsse auch die Wolke elektrisiert und die Materie des Blitzes mit der durch Reibung erzeugbaren Elektrizität einerlei Natur sein. Um diese Frage beantworten zu können, macht er in einem an *Peter Collinson* der Royal Society gerichteten Brief vom 29. Juli 1750 den ebenso kühnen wie originellen Vorschlag, das folgende Experiment durchzuführen: Auf der Spitze eines hohen Turmes soll ein Schilderhaus errichtet werden, das einen Isolierschemel mit einer darauf befindlichen Person aufnehmen könne. Von dem Schemel führe eine 20 bis 30 Fuss lange spitzige Eisenstange nach oben. Beim Vorbeiziehen niedriger Wolken würde sich dann die in dem Schilderhaus isoliert stehende Person durch die Eisenstange aufladen und ihr elektrisches Feuer entnehmbar sein.

Nach Veröffentlichung der Franklinschen Briefe im Jahre 1751 in Buchform errichtete *Dalibard* bei Paris eine solche Eisenstange, aus der sich während eines vorbeiziehenden Gewitters am 10. Mai 1752 Funken von nahezu 4 cm Länge herausziehen liessen. Damit war erstmalig der experimentelle Nachweis erbracht, dass der Blitz ein elektrisches Phänomen ist. Bald darauf sind die ersten Franklinschen Blitzableiter eingebaut und ihre Nützlichkeit vielenorts bewiesen worden.

Anfänge der Elektromedizin

Bereits im Altertum waren die wundersamen Heilwirkungen bestimmter Rochenarten bekannt gewesen. Erstmals wird davon in einer etwa 47 nach Chr. erschienenen Schrift «Compositiones medicinae» des Arztes *Scribonius Largus* berichtet und auf die heilsamen Schläge des Zitterrochen bei Kopfschmerzen und Podagra hingewiesen. Der Nachweis, dass es sich dabei um ein elektrisches Phänomen handeln müsse, gelang jedoch erst um 1775.

Der Gedanke, eine künstliche «Electrification» für Heilzwecke auszunutzen, ist erstmals von *Johann Gottlieb Krüger,* Professor der Medizin in Halle, in seiner im Jahre 1744 erschienenen Schrift [53] erwähnt worden. Er meint, «dass durch die Electrification auch in den verborgensten Theilen des menschlichen Leibes Veränderungen hervorgebracht werden können» und folgert hieraus, dass «das electrificiren eine neue Art zu curiren sey». Bereits ein Jahr später verfasst einer seiner Schüler, *Christian Gottlieb Kratzenstein,* damals 22jährig, eine bemerkenswerte Schrift über den Nutzen der Elektrizität und meint, dass die bequemste Electrifications-Maschine aus einem Tischgestell bestehe, daran an zwei eisernen Spitzen die Glaskugel, der Glaszylinder oder auch ein Bierglas laufe. Für die Behandlung müsse sich der Electrifications-Candidat auf ein Brett setzen, das über seidene oder hänfene Stricke an der Decke befestigt werde (Fig. 20).

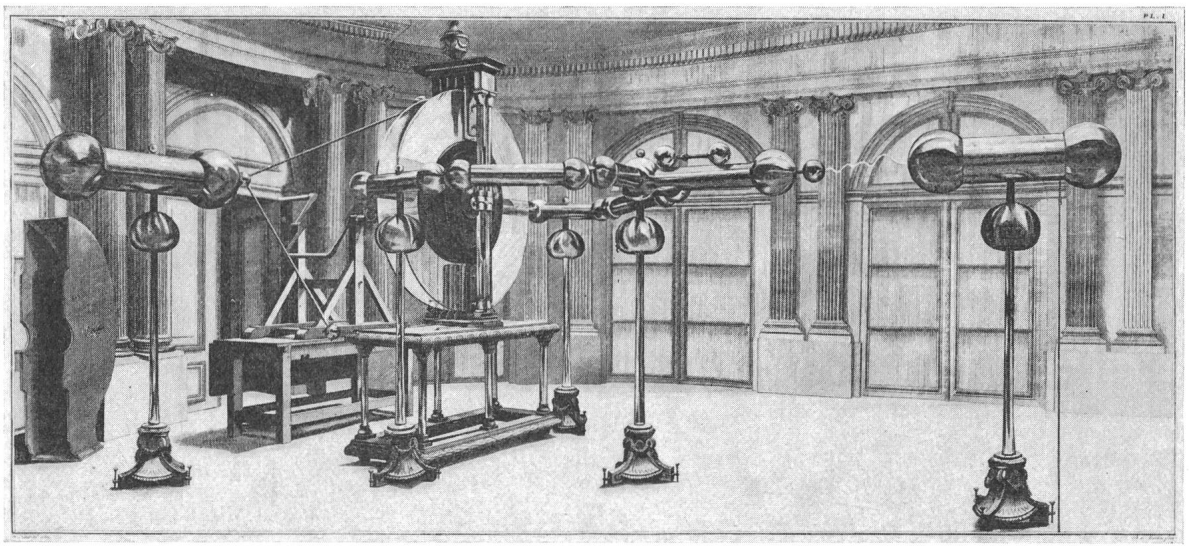


Fig. 28
1785. Doppelscheiben-Elektrisiermaschine nach Martinus van Marum [156]

Nach dem Bekanntwerden des Leydener Experiments sind die Krügerschen Electrificationskuren sehr schmerzhaft geworden, denn der Patient konnte nunmehr den wirkungsvollen Schlägen einer verstärkten Elektrizität ausgesetzt werden. Der Regensburger Arzt *Johann Gottlieb Schäffer* hat sich zu diesem Zweck eine mit einem Fiedelbogen antreibbare Elektrisiermaschine mit Reibkissen ausgedacht (Fig. 21), die über Drähte h an drei Leydener Flaschen anzuschliessen war. Der auf dem Bett sitzende Patient [15]) konnte über Metallketten n und o mit den Leydener Flaschen verbunden und so einer elektrischen Erschütterung unterworfen werden. Für eine Hauttherapie mit stechenden Funken gab er die Empfehlung, die Verbindungskette o auf und ab zu bewegen. Für ähnliche Kuren verwendete *Lorenz Spengler* eine zweihändig geriebene Glaskugel mit einem grossen Metallkonduktor und einer auf einem Tisch stehenden Leydener Flasche (Fig. 22).

Um die Einführung der damaligen Künste einer Elektrotherapie hat sich der Physiker und Philosoph *Louis Jallabert*, Professor an der Genfer Akademie, besonders verdient gemacht. In seinem im Jahre 1748 erschienenen Buch [90] gibt er eine zusammenfassende Darstellung über die bis dahin

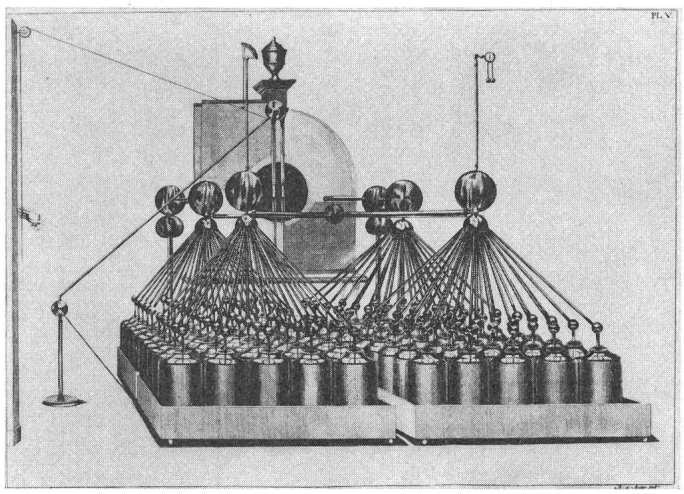


Fig. 29
1795. Batterie mit 100 Leydener Flaschen [156]

bekannten Behandlungsmethoden und berichtet über eine erfolgreiche Heilung einer Armlähmung. Um die gleiche Zeit veröffentlichte *Giuseppe Veratti*, Professor der Physik und Medizin an der Universität Bologna, eine das gleiche Thema behandelnde Schrift [95].

Phantasiereich waren die Geräte, die im Laufe der Zeit für eine elektrische Kurbehandlung vorgeschlagen worden sind. Bei Lähmungen empfahl Abbé *de Sans* aus Perpignan, den Patienten in den Lehnstuhl einer elektrischen Bank

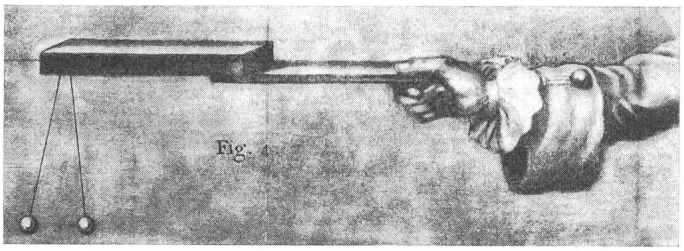


Fig. 30
1753. Hollundermark-Kugelelektroskop von J. Canton [108]

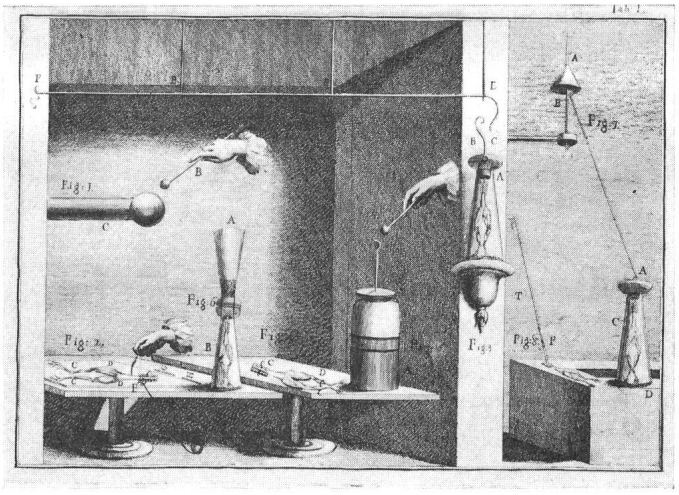


Fig. 31
1786. Froschschenkel-Experimente von Prof. Luigi Galvani
Aus seiner Schrift «De viribus electricitatis in motu musculari. Mutinae 1792»

(Fig. 23) zu setzen und auf ihn nach Strecken der gelähmten Glieder das Fluidum einer verstärkten Elektrizität einwirken zu lassen. Nicht minder merkwürdig anmutende Behandlungsgeräte verwendete *Cölestin Steiglehner* (Fig. 24), wenn er seine Patienten einen Schritt von einem unelektrischen Harzkuchen auf einen elektrischen machen liess und ihnen dazu Sandalen mit Blechbesohlung anzog. Für Zahnkuren könne ein Gerät Verwendung finden, das nach Einführen in die Mundhöhle den zu behandelnden Zahn einer Dosis verstärkter Elektrizität zu unterwerfen erlaube. Damit sei es ihm gelungen, mit ein bis zwei Schlägen des öfteren Zahnschmerzen zu vertreiben. Nur in einem einzigen Fall, so fügt er ergänzend hinzu, seien die Schmerzen auf den ersten Schlag ärger geworden, so dass der Patient, der sich offenbar nicht mehr weiter elektrisieren lassen wollte, mit anderen Methoden behandelt werden musste.

Späterhin sind für diese vielseitigen Kuren beide Elektrizitätsarten zur Anwendung gelangt, so dass entschieden werden musste, ob der Patient mit einem positiven oder negativen «Elektrischen Bad» zu behandeln sei [16]).

Kuriositäten

Über einige andere Kuriositäten soll noch berichtet werden:

In jener Zeit bereitete es ein ungemeines Vergnügen, wenn man jemandem, der sich dessen gar nicht bewusst war, unvermutet einen erschütternden Schlag beibringen konnte. Es gehörte deshalb zu den Requisiten eines renommierten physikalischen Kabinetts, die dazu notwendigen Geräte greifbar zu haben. Fig. 25 zeigt einen Kabinettsraum aus dem Jahr 1773 nach einer Darstellung von *J. Wagenecker*, Hofkaplan Max III. Joseph von Bayern. Die darin ersichtlichen Geräte konnten nach Belieben mit einer Leydener Flasche — auch Erschütterungs-Hafen genannt — in Communication gebracht werden.

In ähnlicher Weise ist Prof. *Bose* vorgegangen, wenn er seine geladenen Gäste an einer gedeckten elektrisierten Tafel Platz nehmen liess. Zu seinen Extravaganzen gehörte es, eine

[15]) Der Kupferstecher hat den Patienten wegen der besseren Sichtbarkeit sitzend dargestellt.

[16]) Man glaubte damals, dass die elektrisierte Person von einer elektrischen Atmosphäre umgeben sei, welche mit einer Menge Wassers verglichen werden könne.

charmante Dame auf einem Isolierschemel zu elektrisieren und ihr dann von einem der Anwesenden die Hand oder einen Kuss geben zu lassen (Fig. 26). Das allergrösste Erstaunen erregte Prof. *Bose* jedoch durch seine «Beatificatio electrica», worunter er ein Glimmleuchten einer isoliert stehenden und stark elektrisierten Person im Dunkeln verstand. Wie sich später herausstellte, liess sich *Bose* für dieses Experiment eine eigene Rüstung anziehen, die mit kleinen Stahlspitzen versehen war.

Nicht unerwähnt sei schliesslich, dass Abbé *Bertholon* den interessanten Vorschlag machte, Pflanzen mit elektrisiertem Regen zu begiessen (Fig. 27), um auf diese Weise das Wachstum zu beschleunigen. Auch an eine Insektenvernichtung ist damals gedacht worden.

Elektrische Explosionen

Bei dem allerorts bekundeten Interesse für die Elektrizität und ihre Anwendungen konnte es nicht ausbleiben, dass im Verlauf der Zeit bessere und auch grössere Elektrisiermaschinen gebaut wurden, mit denen schliesslich explosionsartige Wirkungen erzielt werden konnten. Die grösste Maschine dieser Art ist im Jahre 1784 von dem in Amsterdam lebenden englischen Instrumentenmacher *John Cuthbertson* auf Veranlassung des damaligen Direktors des Teylerschen Museums in Haarlem, *Martinus van Marum*, erbaut worden. Unter Verwendung zweier Glasscheiben von je 1,65 m Durchmesser, die von zwei Gehilfen angetrieben werden mussten, konnten mit dieser Maschine (Fig. 28) elektrische Funken bis zu einer Länge von 61 cm [17]) erzeugt werden. Der Konduktor bestand aus Metallzylindern von 10 cm und Abschlusskugeln von 23 cm Durchmesser [18]). Später wurde der Maschine eine grosse Batterie mit 100 Leydener Flaschen (Fig. 29) angebaut, mit welcher schätzungsweise eine Energie von einigen 100 Ws gespeichert werden konnte. Für die Elektrizitätsanzeige diente ein Cantonsches Elektroskop (Fig. 30) und für das Zu- und Abschalten ein handbetätigbarer Schnurschalter. Mit dieser Marumschen Anlage konnten für die damalige Zeit beachtliche Wirkungen erzielt werden, wie das Verdampfen dünner Eisendrähte bis zu 4,5 m Länge, dann das Zerspalten von Holzstücken sowie auch das Töten grösserer Lebewesen.

Als Folge der grossen Elektrizitätsmengen, die über den Stromkreis hinwegflossen, sind Eisenstäbchen, die im Bereich der Funkenexplosion lagen, überraschenderweise magnetisch geworden. Damit werden erstmals die magnetischen Wirkungen einer strömenden Elektrizität erkennbar. Auch die erste Zerlegung von Wasser in seine elementaren Bestandteile ist um diese Zeit durch die Holländer *Troostwjk* und *Deiman* gelungen [188].

Ausklang

Um jene Zeit beginnt *Luigi Galvani*, Professor der Anatomie an der Universität Bologna, mit Elektrizität zu experimentieren und berichtet in einer 1792 erschienenen Schrift «De viribus electricitatis in motu musculari» über Muskelkontraktionen eines Froschschenkels (Fig. 31), die er erstmalig am 26. September 1786 beobachtet habe. *Galvani's* Veröffentlichung erregte damals allergrösstes Aufsehen und veranlasste hervorragende Naturforscher, sich mit dem neuartigen Phänomen einer animalischen Elektrizität zu befassen. Als Prof. *Alessandro Volta* der Universität Pavia davon hörte, wiederholte er das Froschschenkel-Experiment und erkannte bald, dass Galvani's vermeintliche animalische Elektrizität durch Berührung zweier verschiedener Metalle zustande gekommen sein musste. In einem Schreiben vom 20. März 1800 an den Präsidenten der Royal Society, Sir *Joseph Banks*, beschreibt er seine erste nach ihm benannte Säule und erläutert ihr Prinzip ein Jahr später vor Konsul *Napoleon Bonaparte* (Fig. 32). Damit wird ein neuer Zeitabschnitt in der Geschichte der Elektrizität eingeleitet.

Von der Verwirklichung des Gilbertschen Versoriums bis zum Bau der ersten Voltaschen Säule liegt eine ereignisreiche Zeit bewunderungswürdiger Experimentierkunst, die uns die Elektrizität stetig näher gebracht hat.

---

[17]) Diese Funkenlänge entspricht einer erzeugten Spannung von etwa 600 kV.

[18]) Offenbar war damals schon richtig erkannt worden, dass Kugeln leichter sprühen als Zylinder.

Fig. 32
1801. Alessandro Volta erläutert vor Konsul Napoleon Bonaparte das Prinzip seiner elektrischen Säule

Aus Bildarchiv Deutsches Museum München

Literatur

Aus der umfangreichen Recherche wurde nur das wichtigste Schrifttum angegeben. Bei der Beschaffung einschlägiger Literatur waren freundlicherweise behilflich: Prof. Dr. *F. Klemm* und Konservator Dr. *A. Wißner* vom Deutschen Museum München; Dr. *Bern Dibner* der Burndy Library in Norwalk (Conn. USA); Dr. *Meier,* Orientabteilung der Staatsbibliothek München; Mitarbeiter der Bibliothek der TH München.

Vor 1600

[1] *Plato:* Timaios. 4. Jahrhundert v. Chr. Deutsche Übersetzung in Plato's sämtliche Werke. Band 3. Verlag L. Schneider Berlin 1950.

[2] *Theophrastus:* De lapidibus. 4. Jahrhundert v. Chr. Englische Übersetzung von Caley und Richards. Ohio State University Columbus 1956.

[3] *Cajus Plinius Secundus:* Historia naturalis. In 37 Büchern. Um 78 n. Chr. Ausgaben 1524 und 1631.

[4] *A. Neckam:* De naturis rerum. Um 1180. Lat. Ausgabe von Th. Wright. London 1863.

[5] *G. Agricola:* De natura fossilium. 1546. Lib. IV S. 594...603. Englische Übersetzung von M. Ch. Bandy und J. A. Bandy. Geol. Soc. America 1955.

[6] *H. Cardani:* De Subtilitate. Norimbergae 1550.

[7] *H. Fracastorio:* De Sympathia et antipathia. Lugduni 1550.

1600...1700

[8] *W. Gilbert:* De coitione magnetica, primumque de succini attractione, sive verius corporum ad succinum applicatione. In: De Magnete. London 1600. Lib. II Cap. II S. 46...60 (Original). Englische Übersetzungen von Mottelay, Verlag Dover Publ. Inc. New York 1958 sowie von Thomson, Verlag Basic Books Inc. New York 1958.

[9] *N. Cabeo:* Philosophia magnetica. Ferrara 1629. Lib. II. Cap. 17...21 S. 178...195.

[10] *A. Kircher:* De magnetismo electri, seu electricis attractionibus earumque causis. In: Magnes sive de arte magnetica. Romae 1641. Lib. III Cap. III S. 640...644.

[11] *K. Digby:* Two treaties, in the one of which the nature of bodies, in the other the nature of man's soule is looked into in way of discovery of the immortality of reasonable soules. Gilles Blairot Paris 1644.

[12] *R. Descartes:* Principia philosophica. 1644. Deutsche Übersetzung von A. Buchenau. Verlag F. Meiner Hamburg 1955.

[13] *Th. Browne:* Pseudodoxia epidemica, or enquiries into very many received tenents and commonly presumed truths. London 1646. Book 2 Chap. I S. 51 und Chap. IV Of Bodies Electricall. S. 78...82.

[14] *Th. Anglo:* De attractionibus calidorum electrica et magnetica. In: Institutionum peripateticcarum: ad mentem summi viri. Paris 1655. Lib. II Sect. XI S. 27.

[15] *P. G. Schott:* De sympathia electri et electricorum cum paleis, festucis, aliisque corpusculis attractis. In: Thaumaturgis physicus. 1659. Part. IV. Lib. IV Cap. II S. 376...382.

[16] *B. de Monconys:* Journal des voyages. Teil II. Boisset/Remeus Lyon 1665. S. 232.

[17] *A. Kircher:* De attractiva electri virtute. In: Mundus subterraneus. Amsterdam 1664. Lib. II Cap. V S. 76.

[18] *Accademia del Cimento:* Esperienze interno all'ambra ed altre substanze di virtu elettricha. In: Saggi di naturali experienze. Firenze 1667, S. 227...233.

[19] *Accademia del Cimento:* Experienze per riconscere se all'ambra, ed all'altre sustanze elettriche si richiegga il mezzo dell'aria, perché attragano. In: Saggi di naturali esperienze. Firenze 1667. S. 84...89.

[20] *O. v. Guericke:* De experimento, quo praecipuae hae virtutes enumeratae per attritum in globo sulphureo excitari possunt. In: Experimenta nova Magdeburgica de vacuo spatio. Waesberge Amsterdam 1672. Lib. IV Cap. XV S. 147...150 (Original). Rezensiert in Phil. Trans. 7 (1672) S. 5103. Neuauflage Leipzig 1881 mit Nachwort von H. Zerener.

[21] *R. P. E. Maignan:* Ex praecidentibus causam assignare motus electrici. In: Philosophia naturae. Lugduni 1673 Cap. XIV. Prop. 35 S. 399...400.

[22] *R. Boyle:* Experiments and notes about the mechanical origine or production of electricity. London 1675. Facsimile Edition Burndy Library 1945.

[23] *F. Hauksbee:* Several experiments on the Mercurial Phosphorus made before the Royal Society at Gresham College. Phil. Trans. 24 (1704...05) S. 2129...75.

[24] *F. Hauksbee:* Several experiments on the attrition of bodies in vacuo. Phil. Trans. 24 (1704...05) S. 2165...75.

[25] *F. Hauksbee:* An account of an experiment touching the production of a considerable light upon a slight attrition of the hands on a glass globe exhausted of its air. Phil. Trans. 25 (1706...07) S. 2277...82.

[26] *F. Hauksbee:* An account of an experiment touching the extraordinary Electricity of glass, produceable on a small attrition of it. Phil. Trans. 25 (1706...07) S. 2327...35.

[27] *F. Hauksbee:* An account of an experiment touching the production of light by the effluvia of one glass falling on another on motion. Phil. Trans. 25 (1706...07) S. 2413...15, Nr. 310.

[28] *F. Hauksbee:* Physico-Mechanical experiments on various subjects. Containing on account of several surprising phenomena touching ligth and electricity. London 1709. 2. Aufl. 1719. Franz. Übersetzung Paris 1754.

[29] *H. von Sanden:* Dissertation physico-experimentalis de succino electricorum principe. In Diss. Medicae Regiomontanae Bd. 571 (1714).

[30] *G. J. s'Gravesande:* Physices elementa mathematica. Bd. II 1721.

[31] *St. Gray:* Letter to Cromwell Mortimer Secr. R. S. containing several experiments concerning electricity, dated 8. Febr. 1731. Phil. Trans. 37 (1731...2) S. 18...44.

[32] *St. Gray:* Letter concerning the electricity of water from Stephen Gray to Cromwell Mortimer Secr. R. S. Phil. Trans. 37 (1731...32) S. 227...230.

[33] *St. Gray:* Two letters from Stephen Gray to Cromwell Mortimer Secr. R. S. containing further account of his experiments concerning electricity. Phil. Trans. 37 (1731...32) S. 397...407.

[34] *Ch. Du Fay:* Premier mémoire sur l'électricité. Mém. Acad. Roy. Sciences Amsterdam (1733) S. 31...49.

[35] *Ch. Du Fay:* Troisième mémoire sur l'électricité. Mém. Acad. Roy. Sciences Amsterdam (1733) S. 327...357.

[36] *Ch. Du Fay:* Quatrième mémoire sur l'électricité. Mém. Acad. Roy. Sciences Amsterdam (1733) S. 617...643.

[37] *Ch. Du Fay:* Sixième mémoire sur l'électricité. Mém. Acad. Roy. Sciences Amsterdam (1734) S. 712...713.

[38] *Ch. Du Fay:* A letter from Du Fay to his Grace Charles concerning electricity. Phil. Trans. 38 (1733...34) S. 258...266.

[39] *J. J. Schilling:* Observationes et experimenta de vi electrica vitri aliorumque corporum. Miscellanea Berolinensia ad incrementum scienttiarium. Bd. 4 (1734) S. 334...43 und Bd. 5 (1737) S. 109...112.

[40] *St. Gray:* Experiments and observations upon the light that is produced by communicating electrical attraction to animal or in animate bodies together with some of its most surprising effects. Letter to Cromwell Mortimer Secr. R. S. Phil. Trans. 39 (1735...36) S. 16...24.

[41] *Ch. Wolffen:* Allerhand nützliche Versuche, dadurch zu genauer Erkenntnis der Natur und Kunst der Weg gebähnet wird. Bd. 1...3 Halle 1738.

[42] *G. M. Bose:* De attractione et electricitate. Vitembergae 1738.

[43] *P. van Musschenbroek:* Essai de Physique. T. I/II Leyden 1739.

[44] *G. J. s'Gravesande:* Physices elementa mathematica Bd. II Leidae 1742.

[45] *J. T. Desaguliers:* A Dissertation concerning Electricity. London 1742.

[46] *Ch. A. Hausen:* Novi profectus in historia electricitatis. Lipsiae 1743.

[47] *A. Gordon:* Phenomena electricitatis exposita. Erfordiae 1744.

[48] *G. M. Bose:* Tentamina electrica in academiis regiis. Londinensi et Parisina. Vitembergae 1744. Dazu Commentarius I: De attractione et electricitate. 1738. Commentarius II: De electricitate. 1743. Commentarius III: De electricitate inflammante et beatificante. 1744.

[49] *G. M. Bose:* Die Electricität nach ihrer Entdeckung und Fortgang mit poetischer Ader. Wittemberg 1744.

[50] *G. M. Bose:* Letter to De Maizau: Phil. Trans. 43 (1744...45) S. 419...420.

[51] *W. Watson:* Experiments and observations tending to illustrate the nature and properties of electricity. Letters to Royal Society. Phil. Trans. 43 (1744...45) S. 481...501.

[52] *J. G. Doppelmayr:* Neuentdeckte Phaenomena von bewunderungswürdigen Wirkungen der Natur. Fleischmann Nürnberg 1744.

[53] *J. G. Krüger:* Zuschrift an seine Zuhörer, worinnen er ihnen seine Gedanken von der Electricität mitteilet. Halle 1744 und 2. Aufl. Halle 1745.

[54] *J. H. Winkler:* Gedanken von den Eigenschaften, Wirkungen und Ursachen der Electricität, nebst einer Beschreibung zwo neuer electrischer Maschinen. Breitkopf Leipzig 1744. Franz. Übersetzung Paris 1748.

[55] *J. H. Winkler:* Die Eigenschaften der electrischen Materie und des electrischen Feuers. Aus verschiedenen neuen Versuchen erhärtet und nebst etlichen neuen Machinen zum Electrisieren. Breitkopf Leipzig 1745.

[56] *A. Gordon:* Versuch einer Erklärung der Electricität. Bei H. Nonne Erfurt 1745.

[57] *J. H. Waitz:* Abhandlung von der Elektrizität und deren Ursachen, welche bei der Königl. Akad. der Wissenschaften in Berlin den Preis erhalten hat. 1745.

[58] *Abbé Nollet:* Conjectures sur les causes de l'électricité. Mém. Acad. Roy. Sciences Amsterdam (1745) S. 149...215.

[59] *J. Th. Eller:* Sur l'électricité. Hist. Acad. Roy. Sciences et Belles Lettres (1745) S. 10...12.

[60] *Ch. G. Kratzenstein:* Abhandlung von dem Nutzen der Electricität. 2. Aufl. Halle 1745.

[61] *G. M. Bose:* Recherches sur la cause et sur la véritable théorie de l'électricité. Wittemberg 1745.

[62] *A. G. Rosenberg:* Versuch einer Erklärung von den Ursachen der Electricität. Korn Breslau 1745.

[63] *Ch. Du Fay:* Versuche und Abhandlungen von der Electricität derer Körper, welche er bei der königl. Academie derer Wissenschaften zu Paris in denen Jahren 1733 bis 1737 vorgestellt. Erfurth 1745.

[64] *A. Trembley* an *M. Folkes.* Brief vom 4. Februar 1745. Phil. Trans. 44 (1746...47) S. 58...60.

[65] *Ch. G. Kratzenstein:* Theoria electricitatis more geometrico explicata. Halle und Magdeburg 1746.

[66] *Musschenbroek* an *Réaumur:* Brief vom Januar 1746. In Abbé Nollet: Observations sur quelques nouveaux phénomènes d'électricité. Mém. Acad. Roy. Sciences Amsterdam (1746) S. 1...33.

[67] *J. H. Winkler* an *einen Freund in London:* Brief vom 22. April/3. Mai 1746. Phil. Trans. 44 (1746...47) S. 211...212.

[68] *J. H. Winkler:* Die Stärke der electrischen Kraft des Wassers in gläsernen Gefässen, welche durch den Musschenbroek'schen Versuch bekannt geworden. Breitkopf Leipzig 1746.

[69] *T. N.:* A letter from Paris concerning some new electrical experiments made there. London 1746.

[70] A letter from — to Ellicot. Weighing the strength of electrical effluvia. Phil. Trans. 44 (1746...47) S. 96...99.

[71] *Le Monnier:* Recherches sur la communication de l'électricité. Mém. Acad. Roy. Sciences Amsterdam (1746) S. 671...696.

[72] *Le Monnier:* Extract of memoir read before Roy. Acad. Sci. Paris on 12. November 1746. Phil. Trans. 44 (1746...47) S. 290...95.

[73] *W. Watson:* A sequal to the experiments and observations tending to illustrate the nature and properties of electricity. Letter to Roy. Soc. London dated 20. October 1746. Phil. Trans. 44 (1746...47) S. 704...749.

[74] *Abbé Nollet:* Essai sur l'électricité des corps. Guérin Paris 1746. 2. Auflage 1750.

[75] *J. Freke:* An Essay to shew the cause of Electricity. London 1746. Franz. Übers. Paris 1748.

[76] *B. Martin:* An Essay on Electricity. London 1746. Franz. Übers. Paris 1748.

[77] Mémoire sur l'électricité. Chez David Paris 1746.

[78] *B. Martin:* A supplement containing remarks on a rhapsody of adventures of a modern knight-errant in philosophy. London 1746.

[79] A philosophical enquiry into the properties of Electricity. London 1746. Letter to a friend dated June 12, 1746.

[80] *B. Wilson:* An essay towards an explication of the phenomena of Electricity, deduced from the aether of Sir Isaac Newton. London 1746.

[81] *R. Turner:* Electricology, or a discourse upon Electricity. Worcester 1746.

[82] *J. G. Wagner:* Erforschung der Ursachen von den electrischen Wirkungen. Siegert Liegnitz 1747.

[83] *F. Watkins:* A particular account of the electrical experiments hitherto made publick. London 1747.
[84] *D. Gralath:* Geschichte der Electricität. Versuche und Abhandl. naturforsch. Ges. Dantzig. 1. Teil 1747, 2. Teil 1754 und 3. Teil 1756.
[85] *C. G. Kessler:* De motu materiae electricae. Bratislawa 1747.
[86] *R. P. Beraut:* Dissertation sur le rapport qui se trouve entre la cause des effets de l'aimant et celui des phénomènes de l'électricité. Bordeaux 1748.
[87] *W. Watson:* A collection of the electrical experiments communicated to the Roy. Soc. read at several meetings between 29. October 1747 and 21. January 1748. Phil. Trans. 45 (1748) S. 49...120.
[88] *W. Watson:* Expériences et observations pour servir à l'explication de la nature et des propriétés de l'électricité. S. Jorry Paris 1748.
[89] *W. Watson:* Essai sur la cause de l'électricité. S. Jorry Paris 1748.
[90] *L. Jallabert:* Expériences sur l'électricité avec quelques conjectures sur la cause de ses effects. Genf 1748.
[91] *G. L. Bianconi:* Lettre sur l'électricité. Amsterdam 1748.
[92] *N. Bammacaro:* Tentamen de vi electrica. Neapoli 1748.
[93] *M. de Secondat:* Observations de physique et d'histoire naturelle. Paris 1750 S. 125...171. Histoire de l'électricité lue à l'academie de Bordeaux en 1748.
[94] *Abbé Nollet:* Recherches sur les causes particulières des phénomènes électriques et sur les effets nuisibles ou avantageux qu'ont peut en attendre. Guérin Paris 1749. 2. Aufl. 1764.
[95] *J. J. Veratti:* Observations physico-medicales sur l'électricité. Genf 1750.
[96] *J. P. Eberhard:* Gedanken vom Feuer und denen damit verwandten Körpern, dem Licht und der elektrischen Materie. Halle 1750.
[97] *B. Franklin:* Experiments and Observations on electricity made at Philadelphia in America. London 1751.
[98] *A. Bina:* Electricorum effectum explicatio. Patavii 1751.
[99] *M. Boulanger:* Traité de la cause et des phénomènes de l'électricité. Bd. I/II Paris 1751.
[100] *A. Gordon:* Physicae experimentalis elementa. Erfordiae 1751/1753. Bd. 1/2.
[101] Histoire générale et particulière de l'électricité. Chez Rollin Paris 1752.
[102] *B. Wilson:* A treatise on electricity. 2. Aufl. London 1752.
[103] *J. G. Schäffer:* Die Kraft und Wirkung der Electricitet in dem menschlichen Körper und dessen Krankheiten besonders bei gelähmten Gliedern. Bei Bader Regensburg 1752.
[104] *J. Bunsen:* Erklärung derer electrischen und magnetischen Kräften. Frankfurt und Leipzig 1752.
[105] *Abbé Nollet:* Lettres sur l'électricité. Guérin Paris 1753.
[106] *G. Beccaria:* Dell'elettricismo artificiale e naturale. A. Campana Torino 1753.
[107] *S. T. Quelmalz:* Viribus electricis medicis. Leipzig 1753.
[108] *J. Canton:* A Letter to the Pres. Roy. Soc. concerning some new electrical experiments. Phil. Trans. 48 (1753...54) S. 780...785.
[109] *L. Spengler:* Briefe welche einige Erfahrungen der electrischen Wirkungen in Krankheiten enthalten. Rothens Wwe Copenhagen 1754.
[110] *J. B. Beccaria:* Lettre sur l'électricité adressée à M. l'Abbé Nollet. Paris 1754.
[111] *K. Digby:* De attractionibus electricis earumque causis. In: Demonstratio immortalitatis animae rationalis, sive tractus due philosophici. 2. Aufl. Paris 1755. Cap. XIX S. 169...171.
[112] *L. Beraud:* Theoria electricitatis. Acad. Scient. Imp. Petropolitani. Petropoli 1755 S. 97...144.
[113] *J. A. Euler:* Disquisitio de causa physica electricitatis. Acad. Scient. Imp. Petropolitani. Petropoli 1755 S. 1...28.
[114] *P. Frisi:* De existentia et motu aetheris seu de theoria electricitatis. Acad. Scient. Imp. Petropolitani. Petropoli 1755 S. 31...94.
[115] *Du Tour:* De la nécessité d'isoler les corps qu'on électrise par communication. Mém. Math. et Phys. Paris Bd. 2 (1755) S. 516...542.
[116] Electricitas: Norimbergae 1758. Lateinisches Gedicht über die Elektrizität ohne Autor.
[117] *F.* u. *T. Aepino:* Tentamen theoriae electricitatis et magnetismi. Petropoli 1759.
[118] *R. Symmer:* New experiments and observations concerning electricity. Phil. Trans. 51 (1759...60) S. 340...393.
[119] *Hoadly* u. *Wilson:* Betrachtungen über eine Reihe elektrischer Versuche. Leipzig 1763.
[120] *J. Priestley:* The history and present state of electricity with original experiments. London 1767.
[121] *C. L'Epinasse:* Description of an improved apparatus for performing electrical experiments in which the electrical power is increased, the operater intirely secured from receiving any accidental shocks and the whole rendered were convenient for experiments than heretofore. Phil. Trans. 57 (1767) S. 186...191.
[122] *J. Priestley:* An account of rings connecting of all the prismatic colours, made by electrical explosions on the surface of pieces of metal. Phil. Trans. 58 (1768) S. 68...74.
[123] *J. Priestley:* Experiments on the lateral forces of electrical explosions. Phil. Trans. 59 (1769) S. 57...62.
[124] *J. Priestley:* Various experiments on the forces of electrical explosions. Phil. Trans. 59 (1769) S. 63...70.
[125] *D. J. G. Krünitz:* Verzeichnung der vornehmsten Schriften von der Electricität und den elektrischen Curen. Leipzig 1769.
[126] *J. Priestley:* An investigation of the lateral explosion and of the electricity communicated to the electrical circuit in a discharge. Phil. Trans. 60 (1770) S. 192...210.
[127] *F. Bauer:* Experimental-Abhandlung von der Theorie und dem Nutzen der Elektricität. Chur und London 1770.
[128] *W. Henly:* An account of a new electrometer and of several electrical experiments. In a letter from Priestley to Franklin, dated 26 October 1770. Phil. Trans. 62 (1772) S. 359...364.
[129] *P. Brydone:* Letter to Pres. Roy. Soc. dated 7 July 1772. Phil. Trans. 63 (1773) S. 163...170.
[130] *J. Wagenecker:* Instrumenta Mathematico — Physica. 1773.
[131] *G. Ch. Schmidt:* Beschreibung einer Elektrisier-Maschine. Jena 1773.
[132] *J. B. Basedow:* Elementarwerk. Mit einer Sammlung von Kupferstichen. Dessau/Leipzig 1774.
[133] *E. Nairne:* Electrical experiments made with a machine of his own workmanship. Phil. Trans. 64 (1774) S. 79...89.
[134] *W. Henly:* An account of some new experiments in electricity. Phil. Trans. 64 (1774) S. 389...431.
[135] *W. Watson:* New Experiments and observations on the nature and use of conducters. Dated 12 November 1777. Phil. Trans. 68 (1778) S. 245...317.
[136] *T. Cavallo:* A complete treatise of electricity in theory and practice, with original experiments. Edward/Dilly London 1777.
[137] *M. van Marum:* Abhandlung über das Elektrisieren. Möller Gotha 1777.
[138] *J. Ingenhousz:* Improvements in electricity. Phil. Trans. 69 (1779) S. 659...673.
[139] *M. Marat:* Découvertes sur le feu, l'électricité et la lumière. Chez Clousier. Paris 1779.
[140] *C. Steiglehner:* Beantwortung der Preisfrage über die Analogie der Electricität und des Magnetismus. Neue phil. Abh. baierisch. Akad. Wiss. München Bd. 2 (1780) S. 229...350.
[141] *L. Hübner:* Abhandlung über die Analogie der elektrischen und magnetischen Kraft. Neue phil. Abh. baierisch. Akad. Wiss. München Bd. 2 (1780) S. 353...384.
[142] *Van Swinden:* Dissertatio de analogia electricitatis et magnetismi. Neue phil. Abh. baierisch. Akad. Wiss. München Bd. 2 (1780) S. 1...226.
[143] *M. de Cazeles:* Mémoire sur l'électricité medicale. Paris et Toulouse 1780.
[144] *J. Lyon:* Experiments and Observations made with a view to point out the errors of the present received theory of electricity. London 1780.
[145] *Abbé de Sans:* Neue und durch die Erfahrung vollkommen bestätigte Anweisung, wie die von einem Schlagfluss gelähmte Kranke vermittelst der Electricität sicher und auch vollkommen geheilet werden können. Aus dem Französischen. Augsburg 1780.
[146] *J. Langenbucher:* Beschreibung einer beträchtlich verbesserten Elektrisiermaschine, sammt vielen Versuchen und einer ganz neuen Lehre von Sachen der Verstärkung. Augsburg 1780.
[147] *Abbé Bertholen:* Die Electricität aus medizinischen Gesichtspunkten betrachtet. Bern 1781.
[148] *T. Cavallo:* An essay on the theory and practice of medical electricity. London 1781.
[149] *M. Marat:* Recherches physiques sur l'électricité. Paris 1782.
[150] *S. Sigaud de la Fond:* Description et usage d'un cabinet de physique expérimentale. Tome II. Gueffier Paris 1784.
[151] *J. Weber:* Theorie der Elektricität. 1784.
[152] *Abbé Bertholon:* Über die Elektricität in Beziehung auf die Pflanzen. Leipzig 1785.
[153] *M. G. C. Bohnenberger:* Beschreibung von Elektrisier-Maschinen und elektrischen Versuchen. Mit 6 Fortsetzungen. Mezler Stuttgart 1784...1791.
[154] *M. Marat:* Mémoire sur l'électricité médicale. Paris 1784.
[155] *J. A. Donndorff:* Die Lehre von der Elektricität. Bd. I/II. Bei Keyser Erfurt 1784.
[156] *M. van Marum:* Description d'une très grande machine électrique. Bd. 1...3. Euschede Harleem 1785...95.
[157] *P. Th. Schmiedel:* Einschränkung des elektrischen Dunstkreises. Ein Verstärkungsmittel der Electricitätskraft. Neuhaus 1787.
[158] *A. Bennet:* A description of a new electrometer. Phil. Trans. 77 (1787) S. 26...31.
[159] *F. Cavallo:* Observation on small quantities of electricity. Phil. Trans. 78 (1788) S. 1...23.
[160] *J. Langenbucher:* Praktische Elektrizitätslehre. Augsburg 1788.
[161] *J. L. Späth:* Abhandlung über Elektrometer. Nürnberg und Altdorf 1791.
[162] *J. Weber:* Vollständige Lehre von den Gesetzen der Elektricität und von der Anwendung derselben. A. Weber Landshut 1791.
[163] *A. Ellinger:* Über die Anwendung und Wirksamkeit der Elektrizität bei Augenkrankheiten. Neue phil. Abh. baierisch. Akad. Wiss. München Bd. 6 (1794) S. 1...70.

Ab 1800

[164] *J. C. Fischer:* Geschichte der Physik. Bd. 1...8. Göttingen 1801...1808.
[165] *J. D. Reuss:* Repertorium Commentationum. Bd. III H. Dietrich Göttingen 1803.
[166] *J. C. Poggendorf:* Bibliographisch-literarisches Handwörterbuch zur Geschichte der exakten Wissenschaften. A. Barth Leipzig 1803.
[167] *L. Figuier:* Exposition et histoire des principales découvertes scientifiques modernes. Bd. IV S. 1...112. Masson/Lederec Paris 1857.
[168] *Th. H. Martin:* La foudre, l'électricité et le magnétisme chez les anciens. Paris 1866.
[169] *L. Figuier:* Les merveilles de la science ou description populaire des inventions modernes. Bd. I. Paris um 1870.
[170] *J. C. Kusztelan:* Die Erfindung der auf dem Prinzip der Reibung beruhenden Elektrisiermaschinen und namentlich der Kugel-, Zylinder- und Scheibenmaschinen. Diss. Universität Rostock 1870.
[171] *B. A. Erdmann:* Die Anwendung der Elektrizität in der praktischen Medizin. 4. Aufl. A. Barth Leipzig 1877.
[172] *L. Stephen:* Dictionary of national biography. London 1886.
[173] *F. M. Müller:* The sacred books of the East. Clarendon Press Oxford 1888.
[174] *P. Benjamin:* The intellectual rise in electricity. Longmans Co London 1895.
[175] *F. Rosenberger:* Isaac Newton und seine physikalischen Prinzipien. J. A. Barth Leipzig 1895 S. 304.
[176] *F. Rosenberger:* Die erste Entwicklung der Elektrisiermaschine. Abt. Gesch. Math. H. 8 (1898) S. 71...88.
[177] *F. Rosenberger:* Die ersten Beobachtungen über elektrische Entladungen. Abt. Gesch. Math. H. 8 (1898) S. 91...112.
[178] *F. Rosenberger:* Die moderne Entwicklung der elektrischen Prinzipien. J. A. Barth Leipzig 1898.
[179] *A. Harnack:* Geschichte der königl. preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin. Bd. III Berlin 1900.
[180] *B. Potamian* und *J. J. Walsh:* Makers of Electricity. Fordham Univ. Press New York 1909.
[181] *W. W. Weaver* und *P. Potamian:* Cataloque of the Wheeler Gift of Books, Pamphlets and Periodicals in the Library of the American Institute of Electrical Engineers. Bd. I/II AIEE New York 1909.
[182] *B. Laufer:* Sino-Ironica. Chicago 1911.

[183] *R. F. Mottelay:* Bibliographical history of electricity and magnetism. Griffon Co. London 1922.
[184] *W. F. Magie:* A source book in physics. Mc. Graw Hill New York 1935.
[185] *H. Schimank:* Geschichte der Elektrisiermaschine bis zum Beginn des 19. Jahrhunderts. Z. techn. Phys. 16 (1935) S. 245...254.
[186] *H. Schimank:* Otto von Guericke: Heinrichshofen's Verlag Magdeburg 1936.
[187] *W. C. Walter:* The detection and estimation of electric charges in the eighteenth century. Annals of Science 1 (1936) S. 66...100.
[188] *C. A. Crommelin:* Die Elektrisiermaschine des Dr. Deiman und deren Verfertiger John Cuthbertson. Z. techn. Phys. 17 (1936) S. 105...108.
[189] *J. B. Cohen:* Benjamin Franklin's Experiments. A new edition of Franklin's experiments and observations on electricity. Harward Univ. Press Cambridge 1941.
[190] *A. Schmid:* Zur Geschichte der Elektrotherapie vom Altertum bis zum Ende des 18. Jahrhunderts. Forsch. u. Fortschr. 19 (1943) S. 242.
[191] *A. Still:* Soul of amber. The Background of electrical science. Murray Hill Books Inc. New York 1944.
[192] *A. Still: Soul of loadstone.* The background of magnetical science. Murray Hill Books Inc. New York 1946.
[193] *Laignel-Lavatine:* Histoire générale de la médicine. Bd. III Chez A. Michel Paris 1949.
[194] *P. Diepgen:* Geschichte der Medizin. Walter de Gruyter Berlin Bd. I (1949) Bd. II/1 (1950)
[195] *A. Wolf:* A history of science, technology and philosophy in the 16th and 17th centuries. Allen and Unwin Ltd. London 1950, Kapitel XIII.
[196] *H. Wehr:* Arabisches Wörterbuch. 1952.
[197] *A. Wolf:* A history of science, technology and philosophy in the eigteenth century. Allen and Unwin Ltd. London 1952, Kapitel IX.
[198] *B. Dibner:* Galvani-Volta. Burndy Library 1952.
[199] *D. H. D. Roller:* The prenatal history of electrical science. Amer. J. Science 21 (1953) S. 343...356.
[200] *J. B. Cohen:* Neglected sources for the life of Stephen Gray. Isis 45 (1954) S. 41...50.
[201] *St. Gray:* An unpublished letter to H. Sloane Secr. R. S. on electrical experiments dated January 3rd 1707/8. Isis 45 (1954) S. 33...40.
[202] *D. Roller* u. *D. H. D. Roller:* The development of the concept of electric charge. Electricity from the Greeks to Coulomb. Harvard University Press Cambridge 1954.
[203] *J. Torlais:* L'Abbé Nollet. Sipuco Paris 1954.
[204] *B. Dibner:* Early electrical machines. Burndy Library Norwalk 1957.
[205] *C. Dorsman* u. *C. A. Crommelin:* The invention of the Leyden jar. Janus 46 (1957) S. 275...280.
[206] *R. A. Chipman:* The manuscript letters of Stephen Gray, F. R. S. (1666/7...1736). Isis 49 (1958) S. 414...432.
[207] *R. Taton:* Histoire générale des sciences. Bd. II Presses Univ. de France Paris 1958.
[208] *H. Prinz:* Der Blitz in Mythos, Kunst und Wissenschaft. Elektrizitätswirtschaft 60 (1961) S. 571...580.

Adresse des Autors:
o. Prof. Dr. *H. Prinz,* Institut für Hochspannungs- und Anlagentechnik der Technischen Hochschule München, Arcisstrasse 21, München.

Kassierstationen

Vortrag, gehalten an der 22. Schweiz. Tagung für elektrische Nachrichtentechnik am 18. September 1963 in Thun,
von *M. Meloni,* Gümlingen

621.395.663.5

Einleitend werden die Bedingungen erläutert, welche für den Betrieb von Telephonkassierstationen massgebend sind. Die prinzipielle Wirkungsweise der beim bisherigen Dreiminutentaxierungssystem verwendeten Kassierstation wird besprochen. Mit der bevorstehenden Einführung der Zeitimpulszählung in der Schweiz müssen diese gegen solche der neuen Taxierungsart ausgewechselt werden. Die Merkmale und die bei der Entwicklung der neuen Zeitimpuls-Kassierstation berücksichtigten Überlegungen werden erklärt. Es wird gezeigt, dass die neue Station nicht nur die entsprechend der neuen Taxierungsart geforderte gerechtere Gebührenerfassung gewährleistet, sondern auch eine einfachere Zahlungsweise gestattet, unter gleichzeitiger Berücksichtigung der neuesten übertragungstechnischen Vorschriften.

Après avoir expliqué les conditions de fonctionnement générales des stations téléphoniques à prépaiement, on donne une courte description de l'appareil qui a été utilisé jusqu'à présent dans le système de taxation par trois minutes. Avec l'introduction du système de taxation cyclique il faut remplacer en Suisse toutes les stations contre les stations adaptées au nouveau système. L'auteur donne un aperçu sur les caractéristiques et le fonctionnement de principe de cette nouvelle station à prépaiement qui ne garantit pas seulement la perception d'une taxe équitable offerte par le nouveau système de taxation, mais qui permet en même temps aussi à l'usager une simplification considérable du paiement préalable de la conversation.

1. Einleitung

Beim gewöhnlichen Teilnehmeranschluss wird ausser einer monatlichen Abonnementsgebühr für jedes geführte Gespräch eine Gebühr erhoben, welche mit Hilfe eines, die Taximpulse summierenden Teilnehmerzählers in der Telephonzentrale erfasst wird. Die Bezahlung erfolgt nachträglich gesamthaft für einen bestimmten Zeitabschnitt, z. B. am Ende jedes Monates. Bei der Telephon-Kassierstation dagegen muss die Gegenleistung wie bei allen Verkaufsautomaten sofort mit Hilfe von Hartgeld entrichtet werden. An Stelle der Abonnementsgebühr tritt die Bezahlung eines Taxzuschlages. Die Gesprächsgebühr wird pro Taxperiode verrechnet. Die Bezahlung des Taxzuschlages und der Gesprächsgebühr ist erst fällig, wenn das Gespräch zustande gekommen ist, d. h. wenn der angerufene Teilnehmer geantwortet hat. Um unnötige Belegungen der Amtsorgane und Überraschungen beim Kassieren zu vermeiden, wird jedoch verlangt, dass vor Beginn der Nummernwahl vorbereitend ein Geldbetrag eingeworfen wird, welcher den Taxzuschlag und die Gebühr für die erste Taxperiode zu decken vermag.

2. Die Telephonkassierstation Typ M für Dreiminutentaxierung

Bei der heutigen Dreiminutentaxierung hängt die Höhe dieses Geldbetrages von der Taxzone ab, in welcher der angerufene Teilnehmer sich befindet, und ist in einem in jeder Telephonkabine aufliegenden Verzeichnis angegeben. Nach Einwurf des genauen Geldbetrages kann die gewünschte Teilnehmernummer gewählt werden. Im Kassierstationszusatz in der Zentrale wird kontrolliert, ob der voreingeworfene Geldbetrag mit der Gebühr für die entsprechende Tax-

321531-536

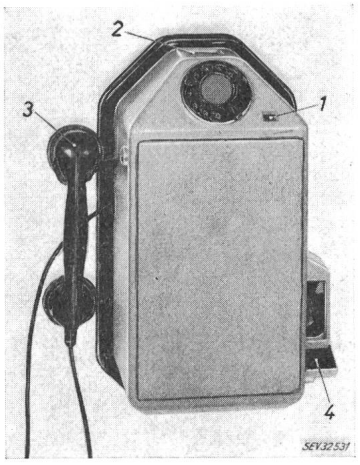


Fig. 1
Telephonkassierstation
1 Nachzahlanzeigewerk; *2* Münzeinwurfschlitze; *3* Mikrotelephon; *4* Rückgabebecher