Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 64 (1973)

Heft: 1

Artikel: Fulminantes über Wolkenelektrizität

Autor: Prinz, H.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-915496

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: 09.07.2025

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

BULLETIN

DES SCHWEIZERISCHEN ELEKTROTECHNISCHEN VEREINS

Gemeinsames Publikationsorgan des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins (SEV)
und des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke (VSE)

Fulminantes über Wolkenelektrizität

Von *H. Prinz*

551.594.253

Formenschönheit und Farbenpracht in Verbindung mit einer nie versiegenden Urkraft des Regenspendens mögen es wohl gewesen sein, das faszinierende Spiel der Wolken in die Betrachtungen einstiger Himmelsbeobachtungen einzufügen und in manchen bildhaften Darstellungen einer dazugehörigen Philosophie erscheinen zu lassen (Fig. 1).

In Anbetracht dessen noch wirksamer muss es unverkennbar die in den Wolken sitzende Elektrizität gewesen sein, die mit ihren Begebenheiten des Elmsfeuers, des Wetterleuchtens und des feurigen Blitzstrahls stets als ungemein grossartige und zugleich höchst erschreckende Erscheinung einer allmächtigen Natur empfunden worden ist. Dieserhalb und um der Wahrheit willen nützlich zu sein, haben die Gelehrten und Weltweisen allzeit das Verlangen bekundet, das Geheimnisvolle ihrer wirklichen Verursachung zu ergründen und zugleich mit Einbildungskraft jene Verwahrungsmittel zu erdenken, die den Menschen vor den Gefahren eines Wetterstrahles zu sichern vermöchten.

Vornehmlich aber die einerlei Art von Blitzstrahl und Donnerknall mit der funkenden Elektrizität zu beweisen, dies war jedoch erst in einer Zeit vermerkbar, als höchst vortrefflich mit Glasröhren, Glaskugeln und Glaszylindern eifrig experimentiert wurde und das Hinwegführen der elektrischen Kraft über hänferne «Communicationsschnüre» sowie die Stärke ihrer Anwesenheit durch Knistern und Leuch-

[1]) Siehe Literatur am Schluss des Aufsatzes.

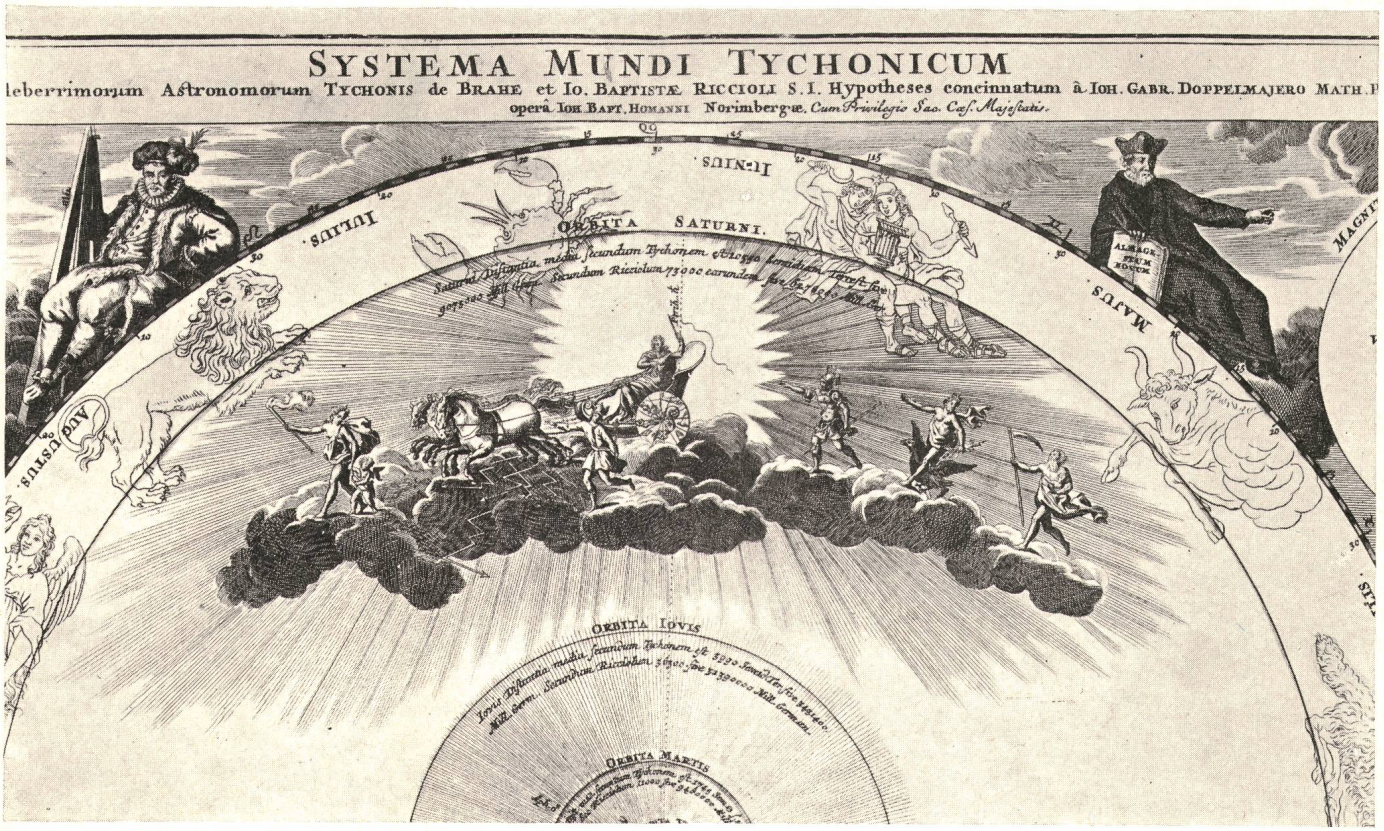


Fig. 1
1585: Geozentrisches Weltsystem nach TYCHO BRAHE [4][1])

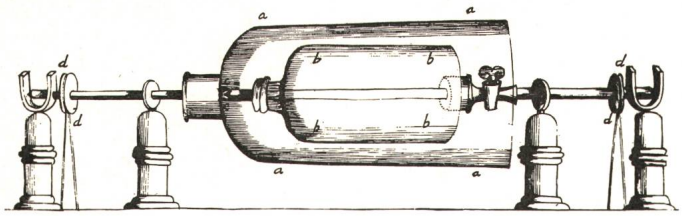


Fig. 2
1707: Hauksbees Glaszylinder-Experiment [1]
a Aussenzylinder
b evakuierbarer Innenzylinder
d Antriebsrollen

ten der sie verursachenden Materie entdeckt worden waren. Nicht minder bedeutsam ist das Wissen über das Vorhandensein einer Harzelektrizität gewesen mit ihrer andersartigen Wirksamkeit gegenüber der bis dahin bekannten Glaselektrizität.

Ohne Zweifel sind in diesem von Experimentiergeist durchdrungenen Zeitgeschehen die allerersten Ansätze einer vermutlichen Existenz von Wolkenelektrizität erkennbar.

Und so begann es

Im Verlaufe eines oftmals bekundeten Interesses, die Leuchteffekte geriebener Glaskörper näher zu untersuchen, beginnt *Francis Hauksbee,* einstmals Kurator der Royal Society London, im Jahre 1707 mit Glaszylindern zu experimentieren. Er verwendete dazu eine Vorrichtung nach Fig. 2, die aus einem offenen Aussenzylinder und einem geschlossenen Innenzylinder bestand, die beide mittels zweier Rollen durch ein nicht dargestelltes Antriebsrad in schnelle Drehung versetzt werden konnten. Dabei machte er die merkwürdige Beobachtung, dass bei einem Auflegen der blossen trockenen Hände auf der Oberfläche des Aussenzylinders innerhalb des vorher evakierten Innenzylinders Leuchterscheinungen von blitzähnlichem Charakter auftraten, denn er schreibt in seinem in den Philosophical Transactions veröffentlichten Bericht [1]:

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

Ein Jahr später ist es dann sein Landsmann *William Wall* gewesen, der bei seinen Untersuchungen an geriebenem Bernstein die Vermutung ausspricht, dass bei Verwendung eines grösseren Stückes davon ein stärkeres Knistern und Leuchten, vergleichbar mit Donner und Blitz, erwartet werden müsse, so er nämlich vermerkte [2]:

«Now I make no question, but upon using a longer and larger piece of amber, both the cracklings and light would be much greater ..., and it seems, in some degree, to represent thunder and lightning.»

Und schliesslich war es der in London lebende *Stephen Gray,* der bei seinen bedeutsamen Experimenten mit Elektrizität zu der Meinung gekommen war, dass das elektrische Feuer von gleicher Natur sein müsse wie dasjenige eines donnernden Blitzstrahles. In seinen Aufzeichnungen heisst es hierüber [3]:

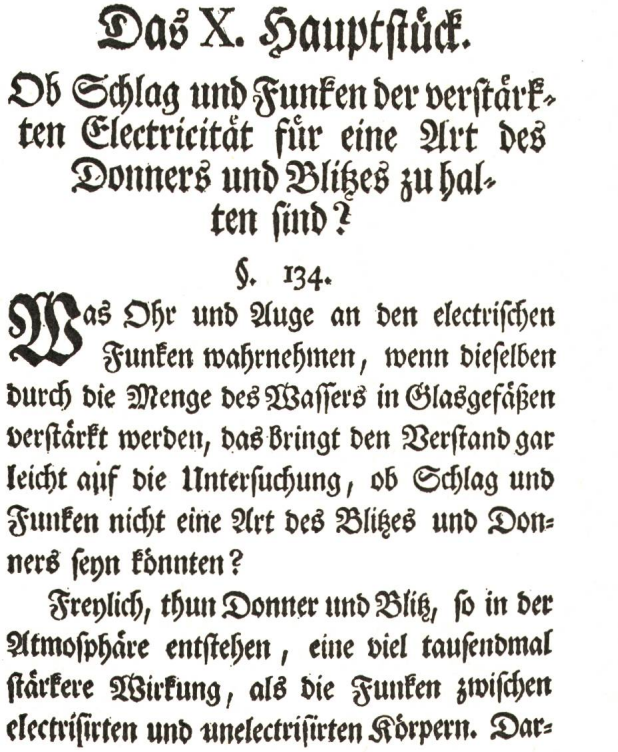
«... and consequently to increase the force of this electrick fire, which, by several of these experiments seems to be of the same nature with that of thunder and lightning.»

Unverkennbar waren dies die ersten Anfänge eines beginnenden Vermutens in jener Sache.

Professor Winkler's X. Hauptstück

Elf Jahre später erscheint in Leipzig eine gelehrige Schrift [5] des an der dortigen Universität wirkenden Ordinarius für Altphilologie, *Johann Heinrich Winkler,* die sich mit den damals viel bestaunten Wirkungen einer verstärkten Elektrizität befasst und insonderheit in ihrem X. Hauptstück die mutmassliche Frage dartut, ob Schlag und Funken eben dieser verstärkten Elektrizität für eine Art des Donners und Blitzes gehalten werden können (Fig. 3). In dem 27 Seiten umfassenden Traktat geht der Professor davon aus, dass die an der verstärkten Elektrizität beobachtbaren elektrischen Funken gar leicht zu einer solchen Frage hinführten, zumal durch Hören und Sehen an Donner und Blitz eben das zu bemerken sei, was sich gleichermassen an einem elektrischen Funken offenbare. Ausserdem könne ein Blitz ebenso schnell durch die Luft fahren, wie die Teile eines elektrischen Funkens in ihre Körper kehrten, und beide würden zudem gleich hell und rein aussehen. Deshalb sei sehr wohl begreiflich, so meinte der Professor, dass ein Donnerknall nur darum stärker ist, weil in einem Blitze die Anzahl der Teile, welche zugleich einen Schall erweckten, grösser sein würde als in einem elektrischen Funken.

Im weiteren Verlauf seiner Ausführungen geht der Professor darauf ein, dass die Strahlen eines Blitzes, wie auch bei



Das X. Hauptstück.

Ob Schlag und Funken der verstärkten Electricität für eine Art des Donners und Blitzes zu halten sind?

§. 134.

Was Ohr und Auge an den electrischen Funken wahrnehmen, wenn dieselben durch die Menge des Wassers in Glasgefäßen verstärkt werden, das bringt den Verstand gar leicht auf die Untersuchung, ob Schlag und Funken nicht eine Art des Blitzes und Donners seyn könnten?

Freylich, thun Donner und Blitz, so in der Atmosphäre entstehen, eine viel tausendmal stärkere Wirkung, als die Funken zwischen electrisirten und unelectrisirten Körpern. Dar-

Fig. 3
1746: Professor Winklers X. Hauptstück [5]

einem elektrischen Funken, schlangenweise durch die Luft führen und auf bereits geschehene Blitze sich zuweilen viele kleine Schläge geschwind nacheinander hören liessen, wie bei einer elektrischen Salve. Auch durchdringe mancher Donnerstrahl weiche und lockere Körper, ohne sie zu verletzen, und vernichte aber zugleich die davon umschlossenen festen Körper. So schmelze der Strahl Metalle in Leder, ohne jenes zu verbrennen, wie dies auch elektrische Funken zu tun

pflegten. Solchergestalt könnten sich Donner und Blitz als Wirkungen einer elektrischen Materie in der Atmosphäre betrachten lassen.

In dieser seiner Analogiestudie kommt der Professor schliesslich zu folgendem erstaunlichen Resümee:

§. 155. Es scheint demnach, daß die electrischen Funken, welche durch Kunst erwecket werden, der Materie, und dem Wesen, und der Erzeugung nach, mit den Blitzen und Donnerstrahlen von einerley Art sind, und ihr Unterscheid nur in der Stärcke und Schwäche ihrer Wirkungen bestehe.

Was sollte dem noch hinzugefügt werden können als der Vorschlag, die einerlei Art durch das Experiment zu beweisen?

Marchese Maffeis Briefe

Im Zusammenhang mit dem bisherigen Ablauf der Ereignisse möge zweier Briefe gedacht sein, die von dem Veroneser Marchese *Scipione Maffei* verfasst und im Jahre 1747 in Buchform veröffentlicht worden sind [6]. Darin wird unter dem 10. September des Jahres 1713 berichtet, dass es dem Marchese auf Grund eines von ihm selbst beobachteten Wetterstrahles plötzlich in den Sinn gekommen sei, dass der Blitz nicht aus den Wolken herunterfahre, sondern sich nahe bei der Erde erzeuge, und der Anfang seiner Bewegung meistenteils unten und nicht oben im Himmel zu suchen sei, so er meint: «... che i fulmini non ci vengano altramente dalle nuvole, ma si generino vicino a terra, e che per lo più il principio del lor motto sia di basso in alto, talchè non sia il cielo ...». Ob der Marchese damit nicht einen Aufwärtsblitz gemeint haben mochte?

Um Jahre später vermerkte er, dass es bei dem hohen Ansehen der Elektrizität kein Wunder nehme, wenn der vortreffliche Herr *Gray* glaube, «che il fuoco elettrico sia dell'istessa natura di quello de'fulmini e de'lampi». Gleichermassen verweist er auf ein soeben in Venedig erschienenes Buch über die Elektrizität, in dem es heisst, dass die Blitze nichts anderes sind als subtile elektrische Materie, die bis zum äussersten Grad ihrer Gewalt zusammengedrängt ist, und fast das gleiche, so fügte der Marchese hinzu, könne man in einem deutschen Buch lesen. Zweifelsfrei war damit das X. Hauptstück des Professors gemeint gewesen.

Benjamin Franklins Schilderhaus

In dieser ereignisreichen Zeit des Experimentierens mit Elektrizität beginnt *Benjamin Franklin* in Philadelphia mit eigenen Versuchen und stellt im Verlaufe des Jahres 1749 anhand selbstgewonnener Ergebnisse die mehrfache Übereinstimmung zwischen der Materie des Blitzes einerseits und der durch Reibung erzeugbaren Elektrizität anderseits fest, wie es Professor *Winkler* drei Jahre zuvor in seinem X. Hauptstück überzeugend bewiesen hatte. In gedanklicher Konsequenz ging jedoch *Franklin* einen bedeutsamen Schritt weiter, in dem er in einem an *Peter Collinson* der Royal Society London gerichteten Brief mit Datum vom 29. Juli 1750 den ebenso kühnen wie originellen Vorschlag machte [7], diese Übereinstimmung durch das Experiment zu erhärten, und beschrieb dazu das von ihm erdachte Schilderhaus: Auf der Spitze eines hohen Turmes, so schrieb *Franklin*, soll ein Schilderhaus errichtet werden (Fig. 4), das einen Isolierschemel mit einer darauf stehenden Person aufnehmen kann. Von dem Schemel führe eine 20 bis 30 Fuss hohe und zudem spitzige Eisenstange nach oben. Beim Vorbeiziehen niedriger Wolken würde sich dann die in dem Schilderhaus isoliert stehende Person durch die Eisenstange aufladen und ihr elektrische Funken entnehmbar sein. Falls jedoch Gefahr drohen sollte, so fügte *Franklin* hinzu, dann könnte sich die Person auf den Boden stellen und an die isolierte Eisenstange einen geerdeten Draht heranführen. Die elektrischen Funken würden dann gefahrlos von der Eisenstange auf den Draht überspringen können.

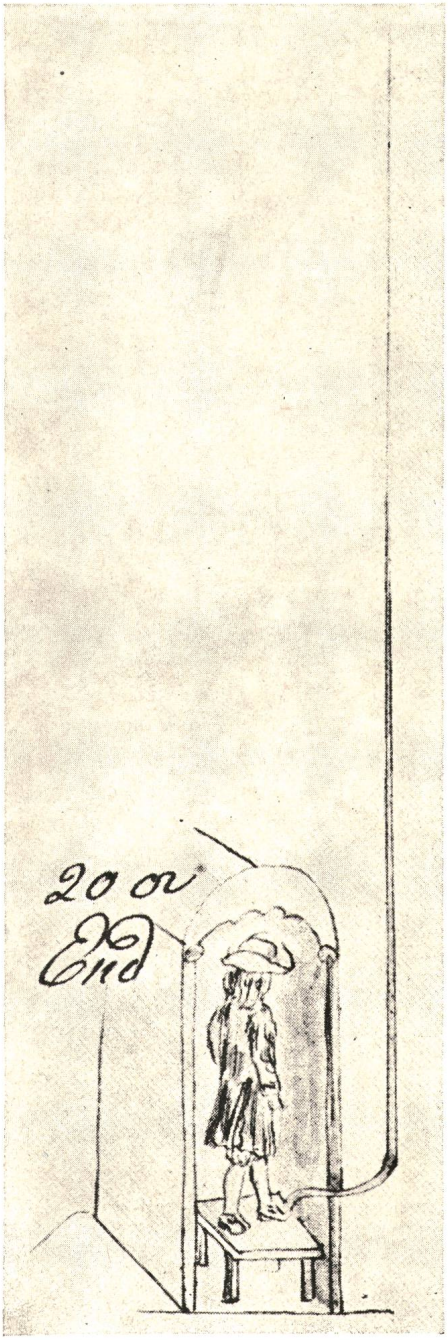


Fig. 4
1749: Benjamin Franklins Schilderhaus [37]

Schliesslich meinte er noch: «Let the experiment be made», und zwei Jahre später wurden seine Gedanken erstmals Wirklichkeit!

Das Dalibardsche Experiment

Es ist *Thomas François Dalibard* gewesen, der im Auftrag des französischen Gelehrten Comte *De Buffon,* Intendant des Königlichen Gartens und Naturalienkabinetts, die Vorbereitungen für das später so berühmt gewordene Experiment in Marly-la-Ville bei Paris getroffen und in seinem der Académie Rocale des Sciences vorgelegten Mémoire einleitend wie folgt berichtet hat [8]:

«En suivant la route que M. Franklin nous a tracée, j'ai obtenu une satisfaction complette. Voici les préparatifs, le procédé et le succès.»

Demzufolge liess er auf hügeligem Gelände eine nahezu 12 m hohe Eisenstange mit vergoldeter Spitze errichten (Fig. 5), die gegen das Erdreich durch drei Weinflaschen und gegen die Pfähle durch Seidenschnüre isolierbar gewesen war. Das hölzerne Schilderhaus sollte gerade so viel Platz bieten, um das Tischgestell mit den darauf befindlichen Flaschen nebst der Person unterbringen zu können. Und dann geschah es: Am 10. Mai 1752 zwischen zwei und drei Uhr nachmittags gelang es *Dalibards* unerschrockenem Gehilfen *Coiffier* und dem hinzugeeilten Dorfpfarrer *Raulet* im Beisein einiger Dorfbewohner während eines vorbeiziehenden Gewitters elektrische Funken von nahezu 4 cm Länge aus der Eisenstange herauszuziehen. Damit war erstmalig der experimentelle Nachweis erbracht, dass der Blitz ein elektrisches Phänomen ist.

So konnte der Bericht mit dem Bemerken schliessen:

«L'idée qu'en a eu M. *Franklin* cesse d'être une conjecture, la voilà devenue une réalité!»

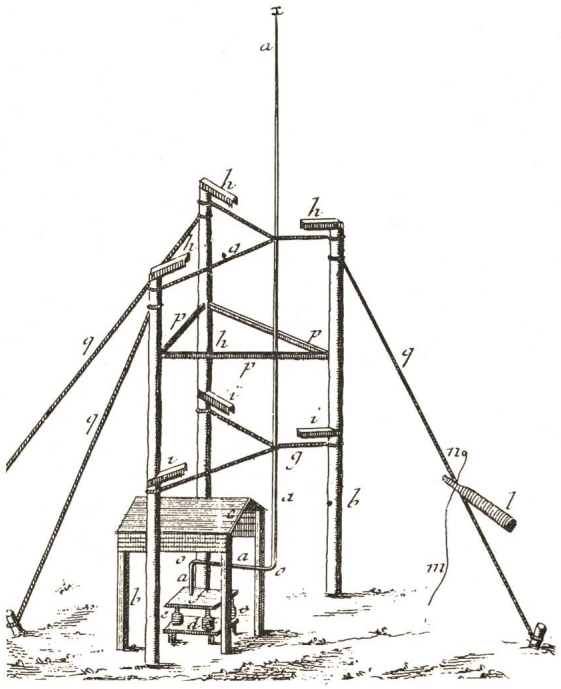


Fig. 5
1752: Dalibards Zurichtung zum ersten Nachweis von Gewitterelektrizität am 10. Mai 1752 zu Marly-la-Ville bei Paris [15]

a	Eisenstange	*f*	viereckiges Brett
b	Pfähle	*g*	Seidenschnüre
c	Schilderhaus	*l*	Leydener Flasche
d	Tisch	*x*	vergoldete Spitze
e	Weinflaschen		

Gewagte Funkenspiele

Die Kunde von dem erfolgreichen Ablauf eines ersten Experimentierens mit Gewitterelektrizität hat verständlicherweise überall allerhöchste Anerkennung und Bewunderung zugleich gefunden und das begierige Verlangen geweckt auch anderswo dergleichen anzustellen. So wird berichtet [9], dass der Königliche Administrator *De Lor* bereits acht Tage später eine fast 30 m hohe Eisenstange auf seinem Haus in Paris aufstellen liess, die aus Gründen der Isolation auf einem Pechkuchen ruhte. Im Verlaufe eines nachmittäglichen Gewitters konnten dann aus dieser Stange elektrische Funken herausgezogen werden, die ähnlich Kanonenschüssen laut knallend vernehmbar waren, mit zum Erstaunen König Ludwig XV., der das dargebotene Funkenspiel mit einem Applaus auf *Franklin* und *Collinson* bedachte.

Dann war es der 37jährige *Lous Guilleaume le Monnier,* Botaniker am Königlichen Garten und späterer Leibarzt Ludwig XVI., der in einem Garten von St. Germain im Juni und Juli des gleichen Jahres die Versuche fortsetzte [11]. Dazu erdachte er eine Vorrichtung, die aus einem 9 m hohen Holzmast mit einem darauf befindlichen Glasrohr, als Ersatz für den üblichen Pechkuchen, bestanden hatte, auf das ein 1,8 m langes Metallrohr zum Auffangen der Elektrizität gesetzt war. Von diesem führte ein Eisendraht, durch Seidenschnüre isoliert, in den Pavillon des Gartens, wo die anwesenden Personen während eines am 7. Juni aufziehenden Gewitters, zunächst zum lebhaften Vergnügen, höchst stechende Funken zu verspüren bekamen, die jedoch schliesslich so heftig wurden, dass die ängstlich zuschauenden Damen sehr darum baten, das Experiment ehestens zu beenden.

Ungeachtet der sich immer stärker bemerkbar machenden Gewitterelektrizität veranlasste *Le Monnier* für sein am 26. Juni abgelaufenes Experiment, dass neben dem Holzmast bis zu sechs auf Weinflaschen ruhende Eisenstangen gelegt wurden, die nacheinander mit dem Eisendraht verbunden und damit die funkenden Wirkungen der Wolkenelektrizität nach Manier des Leydener Experiments erheblich verstärkt werden konnten.

Es spricht für die Kühnheit *Le Monnier's,* dass er sich während eines Gewitters selbst auf einen Pechkuchen stellte und dann eine über 5 m hohe Holzstange in die Hand nahm, die mit dünnem Eisendraht umwickelt gewesen war. Als Folge davon wurde er so sehr elektrisiert, dass seinen Händen sowie auch seinem Gesicht stark knisternde Funken entnommen werden konnten.

Aber noch bedeutsameres hat *Le Monnier* beobachtet: Eines morgens konnte er nämlich feststellen, dass die Staubteilchen, die er gelegentlich zur Elektrizitätsanzeige verwendete, unerwarteterweise von dem Eisendraht angezogen wurden, obwohl das Wetter ganz klar und wolkenfrei war. Er meinte dazu [11]:

«Je fus très surpris de voir que mon fil de fer attiroit très vivement la poussière»

und einige Monate später vermerkte er:

«je commençai à croire qu'il pouvoit y avoir de l'électricité répandue dans l'air sous la présence d'aucun nuage.»

Damit hatte *Le Monnier* das elektrische Schönwetterfeld entdeckt.

Erfahrungen solcher Gestalt führten verständlicherweise sehr bald dazu, dass zunehmend mehr Naturkundige die

Erforschung der Wolkenelektrizität zu ihrer eigenen Sache machten, um deren erstaunliche Erscheinungen selbst kennenzulernen.

Giacomo Battista Beccaria

In Mondovi bei Turin geboren, gehörte der Professor für Experimentalphysik *Giacomo Battista Beccaria* (Fig. 6) mit zu jenen hervorragenden Persönlichkeiten der damaligen Zeit, die sich in eminenter Gelehrsamkeit um die Ergründung der Luftelektrizität wohl einmalige Verdienste erworben haben.

Von den *Le Monnierschen* Versuchen offenbar sehr beeindruckt, begann er zunächst mit isolierten Stangen und dann mit horizontal gespannten Drähten zu experimentieren, deren längster, über den Po hinwegführend, eine Spannweite von rund 470 m erreichte. Dabei machte er erstmalig die Beobachtung, dass das luftelektrische Schönwetterfeld stets positiv ist. Darnach ging er daran, eine Funkenstrecke zu bauen, an deren Elektroden mittels eines Uhrwerkes dünne Kartonstreifen vorbeigeführt werden konnten, so dass es ihm möglich war, aus der Grösse und Anzahl der durch die Funken erzeugten Perforationen auf die Stärke der wirksam gewesenen Elektrizität zu schliessen. Des weiteren experimentierte er mit Drachen und erstmalig auch mit Raketen, von denen später noch die Rede sein wird.

In zwei Jahrzehnten zielbewusster Arbeit an der Universität Turin sind von ihm drei hervorragende Werke erschienen

Fig. 6
Giacomo Battista Beccaria 1716—1781 [33]

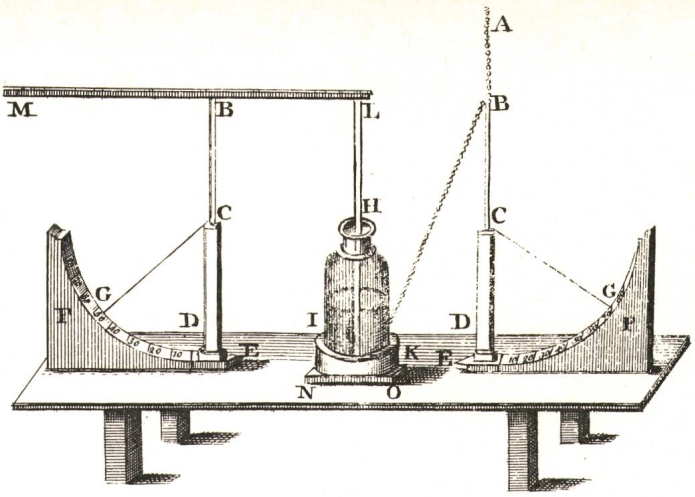


Fig. 7
1752: Professor Richmanns Gnomon [14]

AB	Verbindungskette zur Eisenstange des Daches führend
BC	Zuführungsdraht
CD	Metallstützen
CG	Leinenfäden
F	Segmente mit Winkelteilungen
I	Leydener Flasche
M-B-L	Konduktor

[12;16;18], von denen das bekannteste im Jahre 1753 unter dem Titel «Dell'elettricismo artificiale e naturale» veröffentlicht worden ist.

Professor Richmanns Gnomon [2])

Um die gleiche Zeit hat der Petersburger Professor *Georg Wilhelm Richmann,* seit 1741 Mitglied der dortigen Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften, grosses Interesse für die Wolkenelektrizität bekundet, zu deren Beobachtung er sich eine Einrichtung ausdachte, die er «Gnomon» nannte. Dieser bestand, wie aus Fig. 7 hervorgeht, aus einer Metallstütze mit einem daran befestigten Leinenfaden, der beim Vorhandensein von Elektrizität aus seiner perpentikularen Lage ausgelenkt wurde und zwar um so mehr, je stärker die jeweils wirksame Elektrizität gewesen ist. Den Grad seiner Auslenkung konnte er auf einer in Winkelgraden geeichten Skala ablesen. Bei nur wenig über die Verbindungskette zufliessender Elektrizität ist zu deren Verstärkung eine Leydener Flasche hinzuschaltbar gewesen. Offenkundig zum Vergleich mit künstlicher Reibungselektrizität war noch eine zweite Metallstütze mit einem Leinenfaden gleicher Art vorhanden, die an einem darüber befindlichen Konduktor angeschlossen werden konnte [14].

Mit diesem seinem Gnomon hatte *Richmann* im Sommer 1752 und 1753 viele Messungen durchgeführt, bis er am 6. August 1753 in seinem Experimentierkabinett von einem Blitzstrahl tödlich getroffen worden ist.

Die Nachricht vom Tode *Richmanns* ist in jener Zeit allseits mit grösster Bestürzung aufgenommen worden und hat wohl manchen Gelehrten dazu veranlasst, beim Hantieren mit Wolkenelektrizität zukünftig mit etwas grösserer Umsicht zu Werke zu gehen.

Luftelektrische Kabinette

Im weiteren Ablauf des Geschehens machte sich offenkundig mehr und mehr das Bestreben bemerkbar, die Wolkenelektrizität in besonders dafür vorgesehenen und auch entsprechend eingerichteten Kabinetten zu beobachten.

[2]) Antikes astronomisches Instrument.

Die ersten Vorschläge dieser Art gehen auf *Jean Antoine Nollet* zurück, ein notabler Gelehrter jener Zeit und einstmals Professor der Physik am College de Navarre zu Paris, der sich im Laufe des Jahres 1753 in seinem Landhaus ein Cabinet de Campagne derart einrichtete, dass eine isolierte Auffangstange über ein metallernes Gestänge mit dem eigentlichen Kabinett verbunden werden konnte, wodurch die abgeleitete Elektrizität bequem und zu jeder Zeit beobachtbar war (Fig. 8). Ganz unbesorgt könne dies, wie *Nollet* besonders vermerkte [13], mittels eines kleinen Glockenspiels geschehen, das selbst in den Nachtstunden Kunde von den jeweiligen Vorkommnissen geben würde «sans être obligé de sortir de son lit ni d'ouvrir les yeux!»

Einige Jahre später beschreibt der Registrator *Johann Friedrich Hartmann* aus Hannover sein Gewitterhaus [17], zu dessen Errichtung ein von der Stadt und auch anderen Gebäuden weit entlegener Ort zu erwählen sei. Es bestand aus einem leichten Gerüst von Brettern mit Einsicht von aussen und einer durch das Dach hindurchgeführten metallernen Stange von etwa 10 m Höhe, die zum Zweck ihrer Isolation auf Pech gestellt war (Fig. 9). Um möglichst viel Elektrizität aufzunehmen, war *Hartmann* darum besorgt, die Stange mit einem aus vielen Spitzen bestehenden Stern zu versehen. Auch glaubte er, das von der kupfernen Haube abfliessende Regenwasser in einem eigenen, pechisolierten Gefäss sammeln zu müssen, damit keinerlei Elektrizität zu Verlust gehe. Ganz besonders bedacht war *Hartmann* auf die

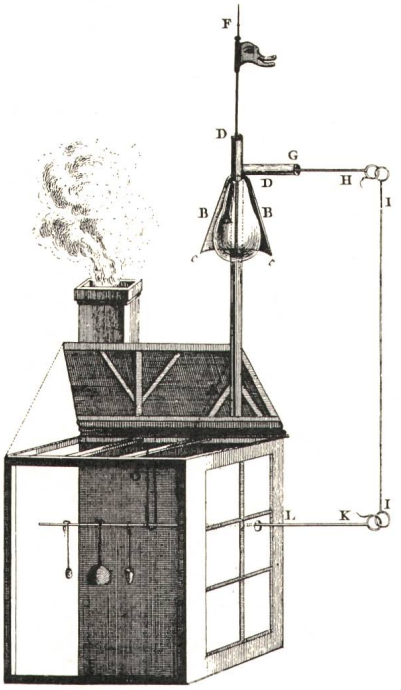


Fig. 8
1753: Nollets Cabinet de Campagne [19]
A Holzmast mit Glaskörper
B Regenschutz
F Eisenspitze

Sicherheit des Beobachters, wozu er den Funkenzieher des Erschütterungsstatives mittels einer langen Seidenschnur von einem etwa 200 Schritte entfernten Feldgezelte nach Belieben dirigieren konnte. Von dort aus waren auch alle im Gewitterhaus entstandenen Feuerbälle samt ihren Lichtkegeln und Flammen mit höchst geruhsamer Vergnüglichkeit beobachtbar. Es frägt sich allerdings, ob dies je geschehen ist.

Nicht minder vorzüglich durchdacht war der luftelektrische Pavillon des an der Universität Salzburg lehrenden Professors für Mathematik und Physik *Domenicus Beck* [28]. Seine vorgeschlagene Zurichtung bestand entsprechend Fig. 10 aus einem waagrecht gespannten Kupferdraht, der an seinem einen Ende durch regengeschützte Seidenschnüre isoliert und an seinem anderen Ende mit dem Erdreich verbunden war. Dazwischen und innerhalb des Pavillons befand sich eine Beobachtungsfunkenstrecke, mit der die Stärke der jeweils vorhanden gewesenen Elektrizität zuverlässig gemessen werden konnte, ähnlich wie es bereits *Beccaria* getan hatte.

Fast um die gleiche Zeit baute sich der Petersburger Professor *Kohlreif* einen ähnlichen Pavillon, um derart vier Jahrzehnte nach dem Tode *Richmanns* die Erforschung der Wolkenelektrizität erneut aufzunehmen [32].

Elektrische Drachen

Nach einstiger Meinung war ein elektrischer Drachen nicht anders gestaltet als ein solcher, den man zum Vergnügen in die Luft steigen liess. Auch *Benjamin Franklin* verwendete einen solchen Drachen, worüber er in einem vom 1. Oktober 1752 datierten Brief berichtet hat [10]. Er meinte nämlich, dass mit einem Drachen die Wolkenelektrizität viel bequemer nachweisbar sei als mit den anderswo verwendeten isolierten Eisenstangen. Tatsächlich konnte er nach einsetzendem Gewitterregen über die inzwischen feucht gewordene Drachenschnur kleine elektrische Funken nachweisen. Merkwürdigerweise ist in dem erwähnten Brief keinerlei Erwähnung darüber getan, wann dies der Fall gewesen war.

Ein Jahr später wiederholte der am Landgericht zu Nérac in der Gascogne tätige Assessor *De Romas* dieses Experiment, wobei er jedoch herausgefunden hatte, dass die Drachenschnur die eingefangene Elektrizität nur sehr schlecht ableite. Folgerichtig verwendete er darnach eine solche, die über ihre ganze Länge von 240 m mit Violindraht umwickelt war, womit es ihm im Verlauf eines am 7. Juni 1753 aufziehenden Gewitters gelang, Funken bis zu 20 cm Länge aus der Drachenschnur herauszuziehen [22]. Bei späteren Experimenten, zu denen er noch längere Schnüre verwendete, konnte er noch mehr Elektrizität in Form leuchtender Funken beobachten, die erstaunlicherweise Längen bis zu 3 m erreichten.

Nach diesen bedeutsamen Erfolgen ist das Experimentieren mit Drachen von verschiedenen Gelehrten – je nach dem erwünschten Feurigkeitsgrad der Funken mit oder ohne Violindraht – wiederholt worden, so auch von dem Fürsten *Dimitri Alexewitsch Gallitzin,* einstmals russischer Gesandter in Haag. In einem an die Kaiserliche Akademie der Wissenschaften zu Petersburg gerichteten Sendschreiben [23] stellte er seine Anrichtung derart vor, dass ein Drachen, mit Eisenspitzen versehen und wetterfest gemacht, Luftelektrizität auffangen und diese in das Belvedere zu beliebiger Beobachtung hineinleiten könne (Fig. 11). In Hinsicht auf seine Manövrierbarkeit war eine glasisolierte Winde nach *Beccarias* Art vorgesehen, die vorsorglich über die Seidenschnur einer zweiten betätigt werden konnte. Und dieses, um den Beobachter vor übeltuender Drachenelektrizität zu bewahren. Offenkundig war der Fürst sehr besonnen, denn er hatte auch an ein mögliches Überladen seiner Anrichtung mit Elektrizität gedacht, demzufolge eine Ableitung in das da-

neben befindliche Wasser vorgesehen war. Bei soviel Vorsichtigkeit musste es zur Gänze gefahrlos und zudem vergnüglich sein, in dem *Gallitzinschen* Drachen-Belvedere selbst bei höchstem Grade von entnommener Wolkenelektrizität zu experimentieren. Tatsächlich hatte der Fürst darin vier Jahre lang ihre Feurigkeit geduldsam beobachtet.

Wenngleich elektrische Drachen in jener Zeit ein vortreffliches Mittel waren, Wolkenelektrizität höchst wirksam und vorwiegend feurig vorzustellen, sind sie oftmals als völlig ungeeignet empfunden worden, so auch bei Windstille, welche gemeiniglich einem Gewitter vorausgeht oder bei stürmischer Wetterlage, wo die Drachenschnur durch die Wucht der Lüfte bisweilen zerstört wurde.

Elektrische Pfeile

Insonderheit der Verdriesslichkeit wegen, die elektrische Drachen bisweilen verursacht haben, sind im Laufe der Zeit noch andere Vorrichtungen erdacht worden, wie elektrische Pfeile [27], die sich auf einfache Weise so einrichten liessen, dass mit deren Hilfe metallerne Drähte nach oben geschleudert werden konnten, um dortselbst höchstmögliche Mengen von Elektrizität aufzunehmen.

In diesem Zusammenhang sollte nicht unerwähnt bleiben, dass der Nürnberger Mechanikus *Johann Konrad Gütle* in seinem 1804 erschienenen Büchlein über die Blitzableitungskunst [34] dergestalt berichtet, den Blitz auf Befehl einer Person in einen von ihr bestimmten Punkt augenblicklich einschlagen zu lassen. *Gütle* schreibt dazu:

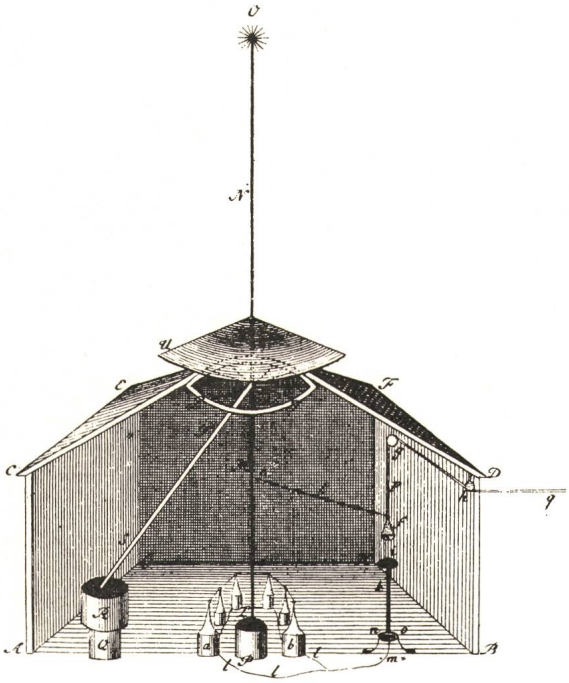


Fig. 9
1764: Hartmanns Gewitterhaus [17]

NM metallerne Stange
O metallerner Stern
U kupferne Regenhaube
R Gefäss für Regenwasser
P, Q Pechkuchen
a, b Leydener Flaschen
i Erschütterungsstativ
f beweglicher Funkenzieher
q Seidenschnur zum Feldgezelte

«Ich habe diesen Versuch schon oft im Beisein mehrerer Personen, auf freiem Feld angestellt, wenn niedere Wetterwolken in der Luft standen, und er ist mir öfters zum Erstaunen der Anwesenden gelungen.»

Gütle bediente sich dieserhalb eines mit einer dünnen Metallspitze versehenen Pfeiles mit daran befestigter metallerner Schnur einiger 10 m Länge, deren anderes Ende mit einem hölzernen Pflock verbunden war, den die betreffende

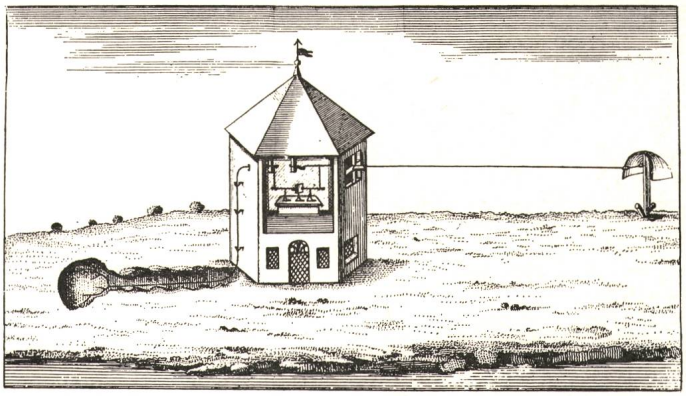


Fig. 10
1787: Luftelektrischer Pavillon nach Beck [28]

Person der Gesellschaft an jenen Ort zu stecken hatte, den der Blitz darnach treffen sollte. Nach Erhalt des Befehles zum Herunterfahren des Blitzes schoss *Gütle* seinen Pfeil in die Höhe und wenn das Experiment gelungen war, ist von der Schnur nichts mehr zu finden gewesen. Zweckdienlicher, so fügte *Gütle* hinzu, solle man den Pfeil von einer Höhe aus, etwa einem Turm oder Berg abschiessen, wonach das Experiment selten fehlschlage.

Auf eben diese Art bewerkstelligte es vermutlich ein indischer Gaukler, von dem berichtet wird, dass er nach manch überraschenden Künsten seine übernatürlichen Kräfte derart bewiesen hatte, indem er erklärte, dass er den Blitz, sobald es verlangt würde, in einen Baum einschlagen lassen könne, der gerade dem Orte seiner Künste gegenüberstand, und dass in jenem Augenblicke als dieses Verlangen bekundet wurde, der Blitz tatsächlich in diesen Baum schlug [26]. Wenn diese Begebenheit wahr ist, so hat dieser Gaukler sein Angebot nur zur Zeit eines Ungewitters wahrgemacht, wonach alsdann ein verborgener Gehilfe auf ein vereinbartes Zeichen den Metalldraht, der an den zu zerschmetternden Baum angebunden war, mit einem Pfeil in die Lüfte jagte.

Luftbälle, Mörser und Raketen

Ganz besonderer Nützlichkeit für die Erforschung der Wolkenelektrizität haben sich Luftballone, oder Luftbälle wie sie damals hiessen, erfreut, die durch die ersten Experimente der Gebrüder *Montgolfier* mit aerostatischen Maschinen höchste Aufmerksamkeit erregt haben und sich selbst bei Windstille für die Ableitung von Wolkenelektrizität bestens zu bewähren schienen. Sofern ein solcher zu dieser Absicht gebraucht werde, heisst es in einer der damaligen Schriften [27], müsse ein metallerner Faden am Luftball befestigt und das andere Ende mit einer Seidenschnur zurückgehalten werden, damit sich das elektrische Fluidum nicht bis in die Erde verbreiten könne. Zudem tue man wohl, ihn mit einer oder auch mehreren eisernen Spitzen zu versehen und diese mit

dem metallernen Faden in Verbindung zu bringen, wie dies auch bei Drachen üblich sei, damit der Luftball so schnell wie möglich viel Elektrizität aufnehmen könne. Zur Beurteilung ihrer Stärke ist man damals auf die kuriose Idee gekommen, den Muskelreiz von Tieren auszunutzen, indem man beispielsweise einen Gaul mit dem metallernen Faden des Luftballes verbunden hatte und zugleich dafür sorgte, dass er hinterhändig in guter Gemeinschaft mit der Erde stand. Ein Titelkupfer aus jener Zeit (Fig. 12) liess keinen Zweifel darüber, wie der Gaul auf dieses wenig tierfreundliche Procedere agierte. Gleichfalls dienlich konnte auch ein Schaf sein, das jedoch die Wolkenelektrizität offenkundig mit weniger Sprunghaftigkeit bedachte.

Von nicht minderer Nützlichkeit sind Mörser und Raketen gewesen, mit deren Hilfe die luftelektrischen Drähte sehr viel wirksamer in die Höhe geschossen werden konnten, als dies mit Pfeilen der Fall gewesen war. In diesem Zusammenhang möge vermerkt sein, dass es kein Geringerer als *Beccaria* war, der bereits im Oktober 1753 erstmalig mit Raketen experimentierte, womit es ihm gelungen war, selbst aus entfernteren Wolkenbereichen Elektrizität herunterzuholen, worüber er einmal sehr überzeugend berichtete [16]:

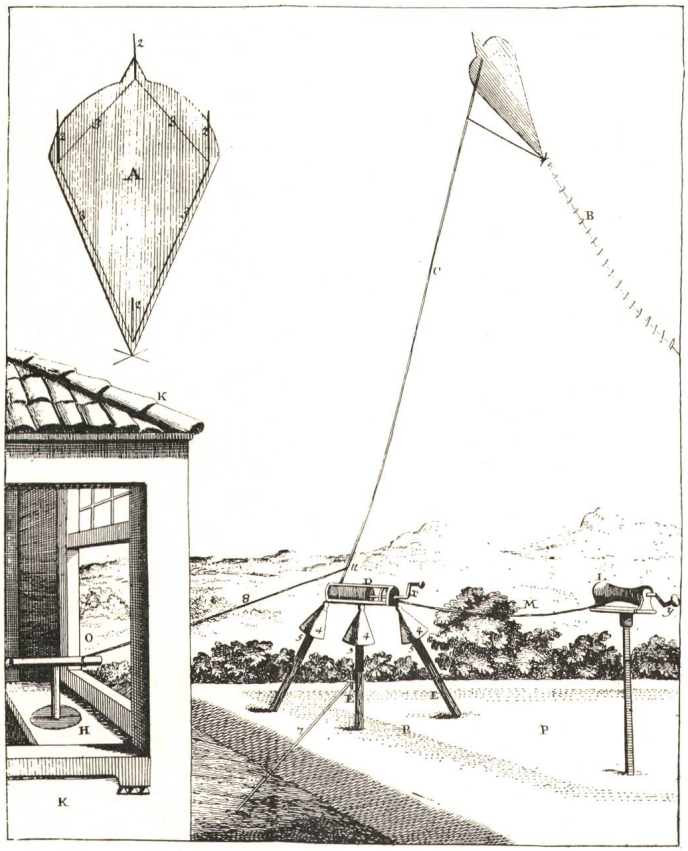


Fig. 11
1775: Das Gallitzinische Drachen-Belvédère [23]

A, B	Drachen
C	Drachenschnur
D	isolierte Winde
E	Isolierfüsse
L	geerdete Winde
H	Beobachtungstisch
K	Belvédère
M	Seidenschnur
2	Eisenspitzen
3	metallerner Draht
7	Ableiter
8	Verbindungsdraht

«I razzi ... mi parvero accomodatissimi a conseguire il mio intento. Pensai d'infiggere sul capo di essi un filo di ferro acuto, che potesse trarre o spandere il fuoco elettrico da lontano.»

Von den am 8. Oktober hochgeschossenen sechs Raketen sind es drei gewesen, die zu einem Nachweis von Elektrizität geführt haben und am 10. Oktober war es von den drei Raketen allerdings nur eine. Kaum glaublich, ist *Beccarias* Raketengedanke zum Triggern von Blitzbahnen späterhin höchst bedeutsam geworden.

Subtileres Instrumentarium

Das einstige luftelektrische Instrumentarium, das insonderheit aus Staubteilchen und Sägespänen, Glockenspielen und Elektroskopen, Leydener Flaschen und Hörrohren sowie aus Funkenstrecken und Entladern bestanden hatte, ist durch die Schaffung eines empfindlichen Elektroskopes wesentlich bereichert worden. Es ist der in Neapel geborene und später in London lebende Privatgelehrte *Tiberio Cavallo* gewesen, der sich dieses Problems angenommen und in den Philosophical Transactions des Jahres 1780 sein Atmospherical Electrometer beschrieben hat [24]. Demzufolge besteht dieses aus einem aufschraubbaren Holzgehäuse, in das ein Glaszylinder mit dem darin befindlichen Elektroskop fest eingebaut ist (Fig. 13). Die darüber sitzende Messinghaube, die frei von Spitzen und scharfen Kanten sein muss, dient im wesentlichen zum Schutze des aus Siegellack gefertigten Glasverschlusses. Das Elektroskop selbst besteht aus feinsten Silberdrähten, mit den daran hängenden konischen Korken, zu deren Entladung innerhalb des Glaszylinders zwei Zinnfolienstreifen vorgesehen waren. Die entscheidenden Vorteile dieses *Cavalloschen* Elektroskopes lagen in seiner Handlichkeit und steten Einsatzbereitschaft, seiner Immunität gegenüber der umgebenden Atmosphäre und schliesslich in seiner hohen Empfindlichkeit. Die ersten Ausführungen sind von dem Londoner Instrumentenmacher *George Adams* bereits im Jahre 1777 gebaut worden.

Nicht minder bedeutsam sind die wissenschaftlichen Beiträge von *Alessandro Volta* gewesen, der sich als damaliger Professor der Universität Pavia über viele Jahre hinweg mit der Meteorologia Elettrica beschäftigt hat, wovon die neun Briefe zeugen, die in der von *Lodovigo Brugnatelli* herausgegebenen Biblioteca Fisisca d'Europa der Jahre 1788/89 veröffentlicht worden sind. Ganz besondere Aufmerksamkeit hat das von ihm im Jahre 1782 angegebene Micro-Elettroscopio gefunden, mit dessen Hilfe selbst die schwächste Elektrizität höchst empfindlich gemacht werden konnte, so wie es in dem Titel der betreffenden Arbeit bekundet wird [25]. Dem Wesen nach handelt es sich dabei um einen nach dem Elektrophorprinzip gebauten Kondensator mit dünnstem Harzkuchen, um dergestalt möglichst viel der schwachen Elektrizität speichern zu können, die dann in verstärkter Form mittels eines empfindlichen Elektroskopes nachweisbar war. Gelungen ist auch sein in Fig. 14 dargestellter Conduttore atmosferico a Lanterna [30], mit dem sich in bequemster Weise die Luftelektrizität in jedes beliebige Zimmer hereinleiten und dann mit dem dargebotenen Instrumentarium beobachten liess. Für ein höchst schnelles Auffangen der Elektrizität empfiehlt *Volta,* am Ende der Stange eine kleine Laterne anzuzünden, in wohlverstandener Nützlichkeit ihrer Wirkung.

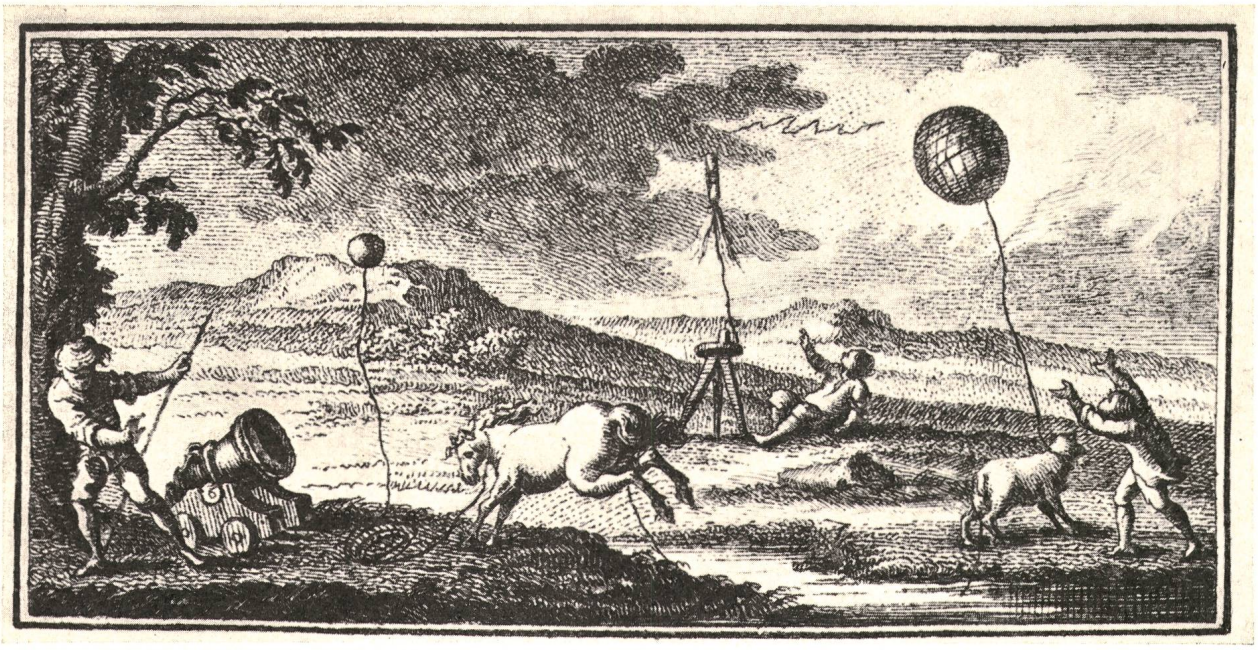


Fig. 12
1784: Luftbälle, Mörser und Raketen [26]

Neben der Stärke der Elektrizität war es naturgemäss auch ihre Art – gemeint war ihre Polarität – , die für den Beobachter von Interesse gewesen ist. Gemäss Abbé *Bertholon* aus Montpellier gab es damals drei Mittel [27]: Das erste bestand darin, dass man leichten Körpern, die durch den atmosphärischen Leiter elektrisch geworden sind, eine geriebene Glasröhre näherte. Wurden die Teilchen abgestossen, war die Luftelektrizität positiv. Bei dem zweiten Mittel wurde dem atmosphärischen Leiter eine Spitze entgegengehalten: Zeigte diese einen leuchtenden Punkt, so war die Luftelektrizität positiv, bei einem Lichtbüschel dagegen negativ. Und bei dem dritten Mittel schliesslich ist so verfahren worden, dass mit dem atmosphärischen Leiter eine Lydener Flasche aufgeladen wurde, deren gespeicherte Elektrizität dann für die Erzeugung *Lichtenbergscher* Staubfiguren dienlich sein konnte. Waren diese strahlig und sternartig, dann ist die Luftelektrizität wiederum positiv, bei runden Punkten dagegen negativ gewesen.

Darüber hinaus hat *Jean Baptiste Le Roy* eine aus zwei Platten und zwei Spitzen bestehende Vorrichtung erdacht, aus deren Entladungsverhalten auf die jeweilige Polarität geschlossen werden konnte [21].

Saussures Voyages dans les Alpes

Im Jahre 1740 in Couches bei Genf geboren, gehört *Horace Bénédict de Saussure* mit zu den erfolgreichsten Naturforschern jener Zeit, die sich um ein besseres Verstehen des luftelektrischen Feldes bemüht haben. Schon mit 22 Jahren an den Lehrstuhl für Philosophie der Akademie zu Genf berufen, beschäftigte er sich in seiner «Dissertatio physica de electricitate» des Jahres 1766 mit einigen Problemen der Elektrizität, die auch späterhin in Zusammenhang mit seinen grossen geologischen Reisen in die Alpen seine volle Aufmerksamkeit gefunden hat. In einem vierbändigen Werk berichtet er nämlich über einige wissenschaftliche Studien, die ihn wiederholt in das Mont Blanc Gebiet geführt haben, so auch im August des Jahres 1781, wo er den 2766 m hohen Tête Nord des Fours bestieg (Fig. 15) und dort mit einem kleinen Elektroskop luftelektrische Messungen durchführte [29]. Ausdrücklich hat er auch vermerkt, dass sich der Mont Blanc von diesem Gipfel nicht zeigen könne, da er durch davor liegende höhere Berge verdeckt sei. Schon damals mag in ihm der Wunsch geweckt worden sein, diesen faszinierenden Berg eines Tages zu besteigen. Sechs Jahre später, am 1. August 1787, ist sein Wunsch als wissenschaftliche Erstbesteigung Realität geworden. Das seinen Namen tragende Denkmal in Chamonix erinnert an dieses einmalige Ereignis.

Das soeben erwähnte kleine Elektroskop ist dem Prinzip nach ein *Cavallosches,* jedoch mit einigen von *Saussure* ein-

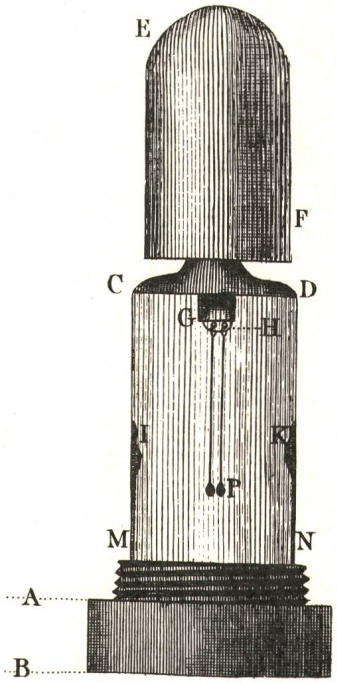


Fig. 13
1777: Atmospherical Electrometer nach Cavallo [24]

A, B	Holzplatte
C, D, M, N	Glaszylinder
EF	Messingkappe
P	konische Korke
IM, KN	Zinnfolienstreifen

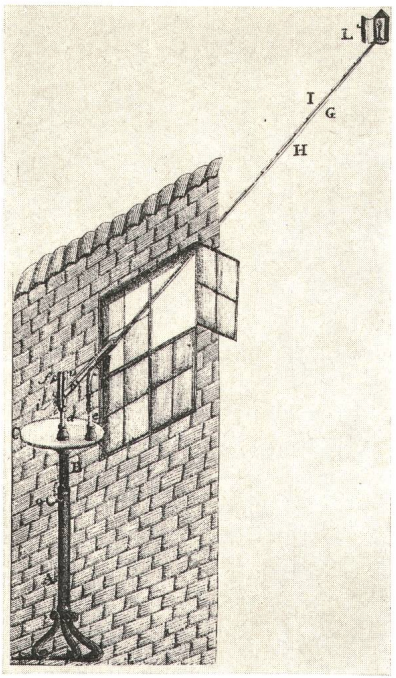


Fig. 14
1788: Conduttore atmosferico a lanterna nach Volta [30]

A, B, C	Tischgestell
d, e	gläserne Stützen
H	Isolierstange mit Eisendraht
L	Laterne

gebrachten Änderungen, wie dem Ersatz der Holzplatte durch eine metallerne und der Forderung nach möglichster Kleinheit des Instrumentes, damit es bequem in einer Hand gehalten werden konnte (Fig. 16b). Der sonstige Aufbau ist im übrigen ohne ergänzende Erläuterungen nach Fig. 16a gut verständlich. Im Zusammenhang mit dem eigentlichen Messvorgang hat jedoch *Saussure* noch einen beachtenswerten Gedanken entwickelt, nämlich das Auswerfen des luftelektrischen Drahtes durch Hochschleudern einer handlichen Metallkugel zu bewerkstelligen und darnach Kugel und Draht durch die Wucht des Wurfes mittels eines kleinen Federringes, der am Haken des Elektroskopes eingerastet war, von diesem abzutrennen, wodurch das Elektroskop mit einer Ladung umgekehrten Vorzeichens zurückblieb. Späterhin hat *Saussure* herausgefunden, dass die Wirksamkeit seines Verfahrens durch Aufsetzen eines etwa 60 cm langen Metallstabes verbessert werden könne. Bei Regen hat sich ein kleines Schutzdach bestens bewährt (Fig. 16). Abschliessend gibt *Saussure* noch die Ermahnung, das Elektroskop keinesfalls bei stürmischem Wetter zu benutzen, weil sonst die Gefahr bestünde, dass der Beobachter von einem Blitzstrahl getroffen wird.

Noch in ganz anderer Hinsicht hat sich das Saussuresche Elektroskop dank seiner hohen Empfindlichkeit als nützlich erwiesen. Aus Anlass eines Besuches des bekannten Staubbachs bei Lauterbrunnen in der Schweiz ist nämlich dem Berner Physikprofessor *Johann Georg Tralles* die Idee gekommen, ob der Wasserstaub nicht wohl elektrisch sein könne. Ein sofort vorgenommenes Experiment hat ihn zu seiner grössten Überraschung und Freude erleben lassen, dass die Markkügelchen des Elektroskopes sich zu bewegen begannen, sobald der Wasserstaub auf seinen Regenschutz fiel [32]. Damit war die Wasserfall-Elektrizität bereits hundert Jahre früher endeckt worden, als gemeiniglich angenom-

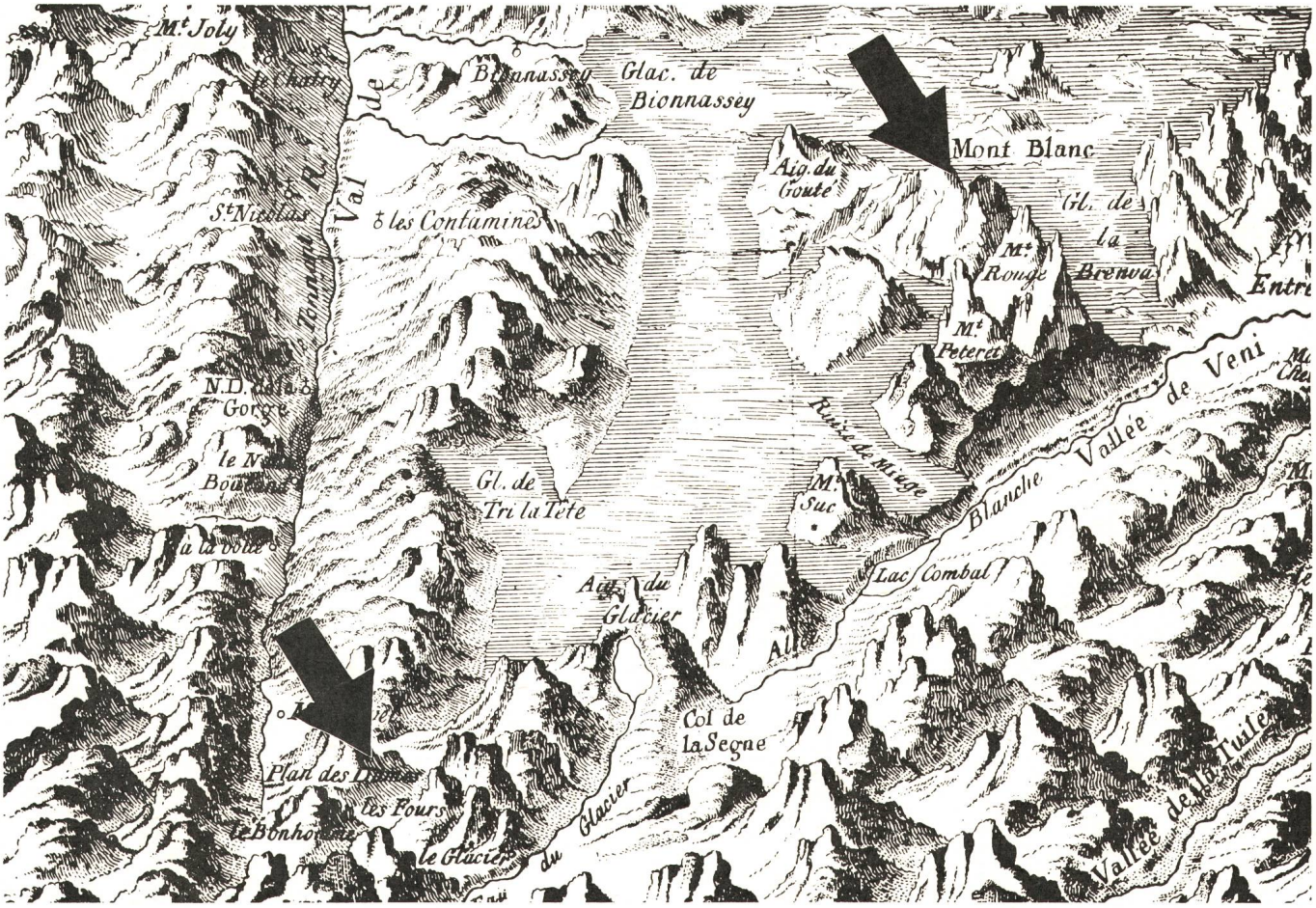


Fig. 15
Auszug aus Saussures Mont-Blanc-Karte [29]

men wird. Wie so oft, bleiben wissenschaftliche Erkenntnisse lange im Verborgenen, ehe nachfahrende Generationen hievon Nachricht bekommen, wenn überhaupt!

Lichtenbergs Verhaltungsregeln

Eigentlich ist es erstaunlich genug, dass der Geheime Legationsrat und Herzogliche Sekretär *Ludwig Christian Lichtenberg* zu Gotha, ein Bruder des berühmten Göttinger Professors, schon vor zweihundert Jahren ein kleines Büchlein herausgebracht hat [20], das sich in seinem achten Abschnitt mit Verhaltungsregeln bei nahen Donnerwettern befasst, sofern man sich auf freiem Felde befindet. Es sind darin beachtenswerte Ratschläge enthalten, so es heisst, dass man sich von allen grösseren Körpern, als Bäumen, Pferden, beladenen Wagen und dergleichen entfernen solle, und dass vorzüglich gefährlich das Untertreten unter einen einzelnen Baum sei, denn man könne mit guten Gründen behaupten, der Baum werde durch das Annähern eines Menschen geschickt gemacht, den Blitz auf sich zu leiten. Man vermeide, so heisst es weiter, so viel wie möglich erhabene Örter, weil alsdann der Mensch so gut als eine metallerne Stange die Materie des Blitzes auf sich ziehe. Desweiteren wird angeraten, sich bei gar zu geringer Entfernung der Wetterwolke auf die Erde zu legen, um ein allzuhäufiges Zudringen ihrer Materie auf sich zu vermindern. Auch soll man solche Örter vermeiden, wo ein heftiger Zug ist, denn der Blitz verfolge jenen der Luft. All dieses seien die Mittel und Verhaltungsregeln, die *Lichtenberg* aus vielfältigen Erfahrungen gesammelt und auch von Wirksamkeit befunden hat.

Fig. 17
1814: Titelkupfer aus dem Krausschen Gewitterkatechismus [35]

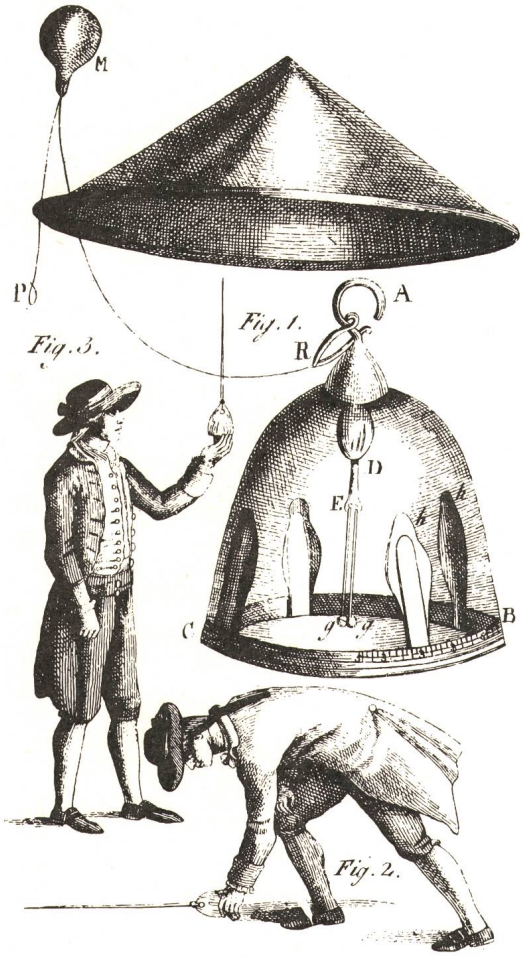


Fig. 16
1781: Luftelektrisches Elektroskop nach Saussure [29]

a «Fig. 1»	*A*	Haken mit Federring
	B, C	gläserne Glocke
	E, g	Silberdrähte
	g	Markkügelchen
	M, R	Luftelektrischer Draht
	M	Metallkugel
	M, P	seiderne Schnur
b «Fig. 2» und «Fig. 3»		Elektroskop mit Metallstange

Abschliessend wendet sich das Büchlein gegen die allseits verbreitete Gewitterfurcht, die so gross sei, dass sie die von ihr befallenen Personen zu aller Entscheidung unfähig mache und dann könne einer Anwendung auch der dienlichsten Verwahrungsmittel keineswegs gedacht werden.

Der Gewitterkatechismus

Genau vierzig Jahre später erscheint die fünfte Auflage einer Schrift des Benefiziaten *Joseph Kraus* zu Seligenthal nächst Landshut, worin gemeinen Leuten fasslicher Unterricht über die Art und Weise erteilt wird, wie man sein Leben gegen den Blitz schützen kann [35]. Wer sich bei einem Gewitter auf freiem Felde befindet, so heisst es darin, und sein Leben liebt, der trete, um nicht etwa nass zu werden, unter einen Baum, denn dort könne er eher, als je an einem anderen Orte vom Blitz erschlagen werden (Fig. 17, oben). Auch verstecke man sich wegen des Anregnens nie unter einem Garbenhaufen, wo die gleiche Gefahr drohe, denn es

sei ja doch besser vom Regen nass als vom Blitz erschlagen zu werden. Rock und Hemd werden wieder trocken, aber der erschlagene Mensch wird nicht mehr lebendig. Dieserhalb sei es besser, zwei etwa dreissig Schritte voneinander entfernte Garbenhaufen zu errichten und sich in deren Mitte zu setzen, weil alsdann ein Blitz aus einer über dem Acker stehenden Wetterwolke wahrscheinlich auf einen der beiden Garbenhaufen hinfahren würde (Fig. 17, Mitte). Auch ein Reitender, vorzüglich ein Schnellreiter befindet sich bei einem Gewitter in einer gefährlichsten Lage, der er entgehen kann, wenn er vom Pferde steigt und langsam daneben hergeht, bis die drohenden Wolken vorübergezogen sind (Fig. 17, unten).

Cloche-Paratonnerre

Aus der *Krausschen* Darstellung geht unzweifelhaft hervor, dass man damals der Meinung war, der Blitz würde eher in einen Garbenhaufen einschlagen als in eine nicht weit davon entfernt sitzende Personengruppe. Eine solche Auffassung ist vermutlich ein Relikt aus der Zeit des Fortleitens von Elektrizität über hänferne Communicationsschnüre, denn nur aus dieser Sicht kann der gläserne Cloche-Paratonnerre nach Fig. 18 verstanden werden. Die unter der Glasglocke befindliche Person macht jedoch einen sehr beängstigenden Eindruck und scheint von der Wirksamkeit ihrer blitzschützenden Qualität nicht sehr überzeugt gewesen zu sein.

Fig. 18
1874: Cloche-Paratonnerre [36]

Blitzschutzzelte

In allerjüngster Zeit wurde der Frage der Blitzsicherheit von Zelten besondere Aufmerksamkeit geschenkt, um auf diese Weise allen jenen Personen, die sich während der alljährlichen Gewitterperioden im Freien aufhalten wollen oder aus beruflichen Gründen aufhalten müssen, ein absolut blitzsicheres Refugium zu geben. Zu diesem Zweck wurde vor einigen Jahren am Hochspannungsinstitut der Technischen Universität München in grundlegenden Untersuchungen theoretischer und experimenteller Art die Frage studiert, welche Forderungen von einem Zelt erfüllt werden müssten, damit es blitzsicher werde [40]. Dabei hat sich herausgestellt, dass das Problem der Blitzsicherheit durch das nachfolgende 5-Punkteprogramm beschreibbar ist: Zunächst muss für ein gefahrloses Ableiten des Blitzstromes über das Zeltgestänge gesorgt werden, denn die im Zelt befindliche Person wird während des Einschlagvorganges von dem dann fliessenden Blitzstrom gleichsam umströmt. Danach ist es das ebenso gefahrlose Wegleiten des Blitzstromes aus dem Zeltbereich, um zu vermeiden, dass sich während seines Abfliessens längs des Bodens, auf dem sich das Zelt gerade befindet, gefahrbringende feurige Funken auszubilden vermögen. Von ganz besonderer Bedeutsamkeit ist das Ankoppeln der Person, denn im Verlauf des Einschlagvorganges wird das Zelt potentialmässig auf wenigstens einige Millionen Volt gegenüber der Umgebung angehoben, so dass zur Vermeidung von gefährlichen Spannungsdifferenzen zwischen Person und Zelt eben die Person selbst mit angehoben werden muss. Vergleichsweise müssen auch die in einem Flugzeug sitzenden Passagiere angeschnallt sein, wenn sie ein plötzliches Durchsacken der Maschine ohne Schaden überstehen wollen. Nicht minder wichtig ist die Beachtung einer möglichen Schleifenbildung zwischen der Person und dem vom Blitzstrom durchflossenen Zeltgestänge, wodurch es infolge des ausserordentlich rasch zusammenbrechenden elektromagnetischen Feldes zu erstaunlich hohen Überspannungen kommen kann, die bei den vorkommenden Blitzstromsteilheiten in der Grössenordnung von einigen 100 kV je Quadratmeter Schleifenfläche betragen können [42; 47; 48]. Deshalb muss dafür gesorgt werden, dass die Person stets einen bestimmten Sicherheitsabstand gegenüber dem Zeltgestänge einhält. Schliesslich muss noch bedacht werden, dass die Person keinesfalls irgendwelche gefährdenden Schrittströme aus dem Bodenbereich abgreifen kann. Mit diesen 5 Punkten – und nur mit diesen – ist das blitzsichere Zelt und damit auch der Schutz von Personen gegen die Gefahren eines Blitzstrahles auf freiem Gelände dank wissenschaftlich fundierter Erkenntnisse als gelöst zu betrachten.

Oftmals wird die Auffassung vertreten, dass ein derartiges Zelt bestens geerdet werden müsse. Ganz im Gegenteil genügt jedoch eine isolierte Aufstellung, wie beispielsweise auf felsigem oder sandigem Boden, ohne in irgendeiner Weise die Schutzwirkung des Zeltes zu beeinflussen. Tatsächlich ist aus dem in Fig. 19 dargestellten Simulations-Experiment gut erkennbar, dass der einschlagende Funke das Zeltgestänge erfasst hat und nach dessen Durchströmen den darunter befindlichen Felsen überschlägt. Die im Zelt sitzende Person bleibt dabei offenkundig in bester Laune.

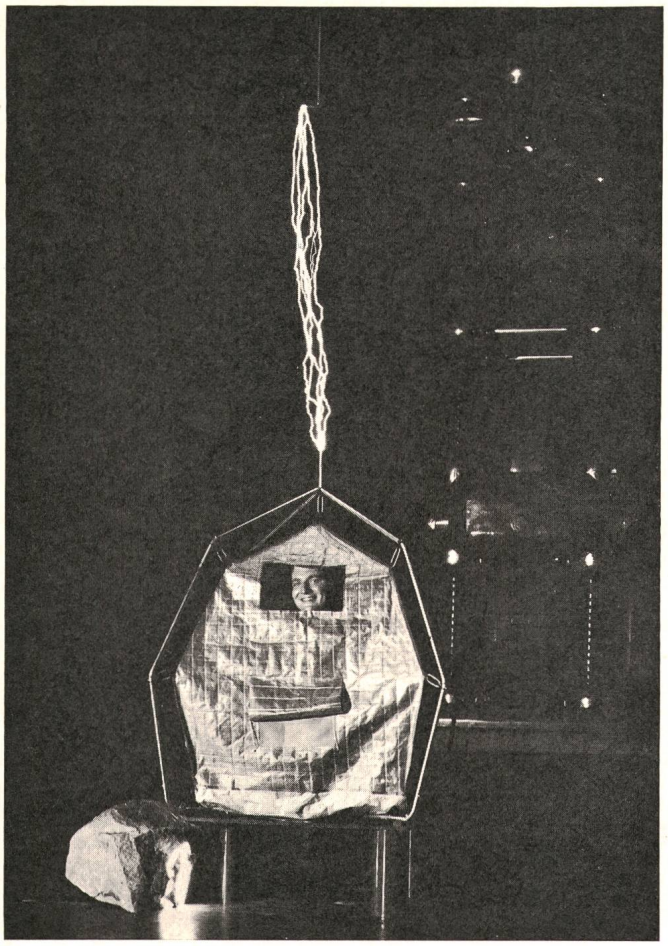


Fig. 19
Blitzschutzzelt

Es ist klar, dass dieses Schutzkonzept ebenso auf Campingzelte anwendbar ist [41]. Nachdem die Zahl derjenigen Personen, die ihren Urlaub auf Campingplätzen verbringen, stetig zunimmt, gewinnt das Problem des blitzsicheren Campingzeltes an Bedeutung.

Raketengetriggerte Blitzbahnen

Wohl mit zu den faszinierendsten Künsten eines modernen Erforschens der Wolkenelektrizität gehört der zeitlich determinierte Ablauf eines Blitzeinschlages längs einer raketengetriggerten Bahn. Es war Professor *Morris M. Newman,* Direktor des Lightning and Transients Research Institute (LTRI) in Minneapolis, der anlässlich der 2. Internationalen Konferenz über Atmospheric and Space Electricity im Mai 1958 die Absicht bekundete, Blitze mittels Raketen zu triggern [38]. Fünf Jahre später konnte auf der 3. Konferenz in Montreux über erste Erfolge referiert werden, dass nämlich von den fünf Raketen, die mit Stahldrähten von 0,2 mm Durchmesser von dem Segelschiff AZARA an der Küste von Florida rund 300 m hochgeschossen worden sind, zwei davon zu einem erzwungenen Blitzeinschlag geführt haben [39].

Im August 1966 sind dann die Triggerexperimente mit dem wesentlich besser ausgestatteten LTRI-Forschungsschiff THUNDERBOLT (Fig. 20) bei sehr viel mehr Erfolg fortgeführt worden. Von den 23 Raketen, die diesmal nur etwa 100 m hochgeschossen wurden, haben insgesamt 17 zu einem Einschlag geführt, was einem 70%igen Triggererfolg gleichkommt, wie *Newman* befriedigt meinte. Eigentlich könnte dies Anlass sein, der meisterhaften Experimente eines *Beccarias* zu gedenken, dessen einstige Raketen mit einem 50 %igen Erfolg den Nachweis von Wolkenelektrizität erbrachten. Ansonsten müssen die Thunderbolt-Versuche in jeder Hinsicht sehr eindrucksvoll abgelaufen sein (Fig. 21). Nicht unerwähnt sollte dabei bleiben, dass die getriggerte Blitzbahn nur etwa 10 % ihrer gesamten Länge ausgemacht hat, was bedeutet, dass bereits Low Altitude Rockets für den gedachten Zweck vollkommen ausreichend sind. Schliesslich möge noch auf einen besonderen Umstand hingewiesen werden, dass nämlich jener Teil der Blitzbahn, der mittels eines hochwertigen Instrumentariums analysiert worden ist, stets im Verdampfungsbereich des Triggerdrahtes gelegen hat. Ohne Zweifel liesse sich dieser Umstand durch Hinzuschalten einer genügend grossen Funkenstrecke zwischen Triggerdraht und Schiff in Zukunft vermeiden.

Soweit bekannt, besteht von seiten Newmans die Absicht, die Experimente im Verlauf des kommenden Sommers weiterzuführen und dabei auch High Altitude Rockets zum Einsatz zu bringen. Auch werde daran gedacht, die auf der Thunderbolt zur Verfügung stehenden 10-MV und 300-kA-Generatoren in Form von Hybrid-Experimenten mit zu verwenden. Insbesondere soll dann versucht werden, ein in die Gewitter-

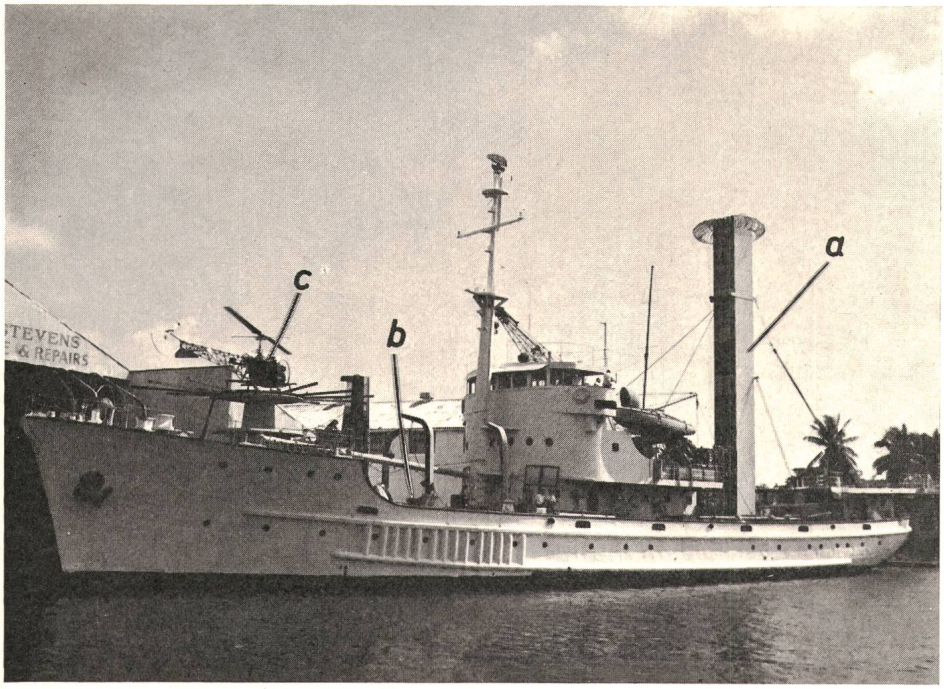
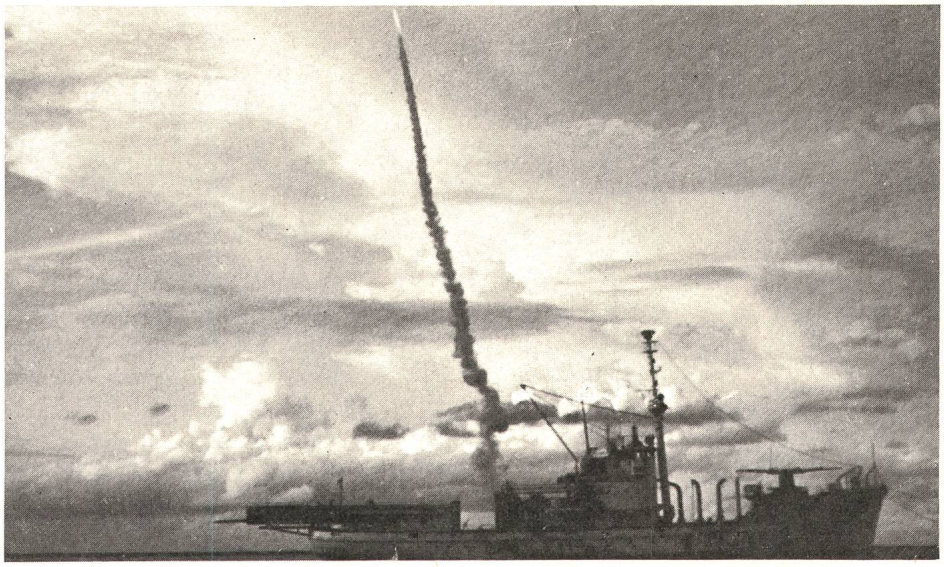


Fig. 20
LTRI-Forschungsschiff Thunderbolt [39]
a 10-MV-Generator mit darauf befindlicher Beobachterkabine
b unter Deck eingebauter 300-kA-Generator
c Helicopter

Fig. 21
1966: Einschlag in eine raketengetriggerte Blitzbahn [43]



front einfliegendes Flugzeug in die zeitgerecht getriggerte Blitzbahn einzufügen mit dem Ziel, die Wirkungen eines Blitzstrahles auf die heute üblich gewordene Halbleiter-Avionik unter Flugbedingungen kennenzulernen, die erfahrungsgemäss gegen Überspannungen aller Art besonders empfindlich ist. In einer derart vollendeten Experimentierkunst eröffnen sich ganz neue Aspekte eines denkbaren Blitzschutzes von Flugkörpern, deren Bedeutung bei den stetig wachsenden Flugkilometern nicht hoch genug eingeschätzt werden kann [44]. Auch darf dabei nicht übersehen werden, dass jedes Flugzeug im Mittel jährlich einmal vom Blitz getroffen wird [43].

Ausblick

Noch in anderer Beziehung scheint das Raketentriggern von Blitzen interessant geworden zu sein, nachdem es in Les Renardières gelungen ist, unter Verwendung einer hochwertigen Messtechnik in Schlagweiten von 10 m vorzudringen [45;46]. Die dort gewonnenen Ergebnisse sollten auch für das natürliche Blitzphänomen nützlich sein, sofern eine Funkenstrecke gleicher Geometrie in eine getriggerte Blitzbahn eingefügt werden kann. Dazu müsste allerdings eine eigene Blitz-Test-Station mit einer vielseitig beobachtbaren Funkenstrecke eingerichtet werden, von deren hochspannungsseitiger Elektrode aus die Triggerrakete gezündet würde. Auch für das Prüfen von Geräten und Apparaten, die möglicherweise von einem Blitzstrahl getroffen werden, könnte eine derartige Station in mancher Hinsicht nützlich sein.

Von einem solchen Bemühen zielbewussten Denkens und konsequenten Experimentierens sind unausbleiblich neue Erkenntnisse zu erwarten, deren physikalische Substanz einmal mehr einem Naturgeschehen dienlich sein kann, das seit unvorstellbaren Zeiträumen allgegenwärtig ist.

Literatur

[1] *F. Hauksbee:* An account of an experiment, confirming on lately made, touching the production of light, by the effluvia of one glass falling on another in motion. Philosophical Transactions 25(1706/07)310, p. 2413...2415.

[2] *W. Wall:* Experiment of the luminous qualities of amber, diamond and gum lac. Philosophical Transactions 26(1707)314, p. 69...76.

[3] *S. Gray:* Experiments and observations upon the light that is produced by communicating electrical attraction to animal or inanimate bodies, together with some of its most surprising effects. Philosophical Transactions 39(1735/36)436, p. 16...24.

[4] *J. G. Doppelmayr:* Atlas nuovus coelestis. Nürnberg, Homann, 1742.

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

[6] *S. Maffei:* Della formazione de' fulmini. Verona, Giannalberto Tumermani, 1747.

[7] *B. Franklin:* Opinions and conjectures concerning the properties and effets of the electrical matter, arising from experiments and observations made in Philadelphia, 1749. Letter to Peter Collinson written from Philadelphia on 29 july 1750. In: The papers of Benjamin Franklin. Vol. 4: July 1, 1750 trough june 30 1753. New Haven, Yale University Press, 1961.

[8] *T. F. Dalibard:* Extrait d'une mémoire, lû à l'académie royale des sciences le 13 mai 1752. Dand: B. Franklin: Œuvres. Vol. 1. Paris, Quillau, 1773.

[9] *G. Mazeas:* Letters to the Rev. Stephen Hales concerning the success of the late experiments in France. Philosophical Transactions 47(1751/52)-, p. 534...552.

[10] *B. Franklin:* A letter to Mr. Peter Collinson concerning an electrical kite. Philosophical Transactions 47(1751/52)-, p. 565...567.

[11] *L. G. Le Monnier:* Observations sur l'électricité de l'air. Mémoires de Mathématique et de Physique de l'Académie Royale des Sciences - (1752)-, p. 233...243.

[12] *G. B. Beccaria:* Dell'elettricismo artificiale e naturale. Torino, Filippo Antonio Campana, 1753.

[13] *J. A. Nollet:* Lettres sur l'électricité. Paris, Guérin et Delatour, 1753.

[14] *W. Watson:* An answer to Dr. Lining's Query relating to the death of Professor Richmann. Philosophical Transactions 48(1753/54)-, p. 765...772.

[15] *B. Franklin:* Expériences et observations sur l'électricité. 2 Volumes. Paris, Durand, 1756.

[16] *G. B. Beccaria:* Elettricismo atmosferica. Edizione seconda. Bologna 1758.

[17] *J. F. Hartmann:* Anmerkungen über die nöthige Achtsamkeit bei Erforschung von Gewitter-Electricität, nebst Beschreibung eines Electricitätszeigers. Hannover, Helwing, 1764.

[18] *G. B. Beccaria:* Elettricismo artificiale. Torino, Stamperia reale, 1772.

[19] *P. Cotte:* Traité de la météorologie. Paris, Imprimerie royale, 1774.

[20] *L. C. Lichtenberg:* Verhaltens-Regeln bey nahen Donnerwettern, nebst den Mitteln sich gegen die schädlichen Wirkungen des Blitzes in Sicherheit zu setzen zum Unterricht für Unkundige. 3. Auflage, Gotha, Carl Wilhelm Ettinger 1778.

[21] *J. B. Le Roy:* Description de l'appareil qui paroit le plus propre pour faire des observations sur l'électricité de l'air, des nuées orageuses et de la foudre. Observations et mémoires sur la physique, sur l'histoire naturelle et sur les arts et métiers 3(1774)1, p. 1...7.

[22] *J. De Romas:* Mémoires sur les moyens de se garantir de la foudre dans les maisons suivi d'une lettre sur l'invention des cerf-volants électriques. Bordeaux, Bergeret, 1776.

[23] *D. A. von Gallitzin:* Sendschreiben an die Kaiserliche Akademie der Wissenschaften zu St. Petersburg über einige Gegenstände der Electricität. Münster und Leipzig, Nauck, 1780.

[24] *T. Cavallo:* An account of some new experiments in electricity, with the description and use of two new electrical instruments. Philosophical Transactions 70(1780)-, p. 15...29.

[25] *A. Volta:* Del modo di render sensibilissima la più debole electtricità sia naturale sia artificiale. Philosophical Transactions 72(1782)-, p. 237...280.

[26] *M. Landriani:* Dell' utilità dei conduttori elettrici. Milano, Marelli, 1784.

[27] *P. Bertholon, Abbé de St. Lazarre:* De l'électricité des météores. Paris, 1787.

[28] *D. Beck:* Kurzer Entwurf der Lehre von der Elektrizität. Salzburg, Duyle, 1787.

[29] *H. B. Saussure:* Reisen durch die Alpen. Teil 3. Leipzig, Johann Friedrich Junius, 1787.

[30] *A. Volta:* Sulla meteorologia elettrica. Biblioteca fisica d'Europa 3(1788), p. 73...137.

[31] *J. G. Tralles:* Merkwürdige Beobachtungen über die Electrizität des Staubbachs bey Lauterbrunnen und des Reichenbachs im Hasli Thal. Journal der Physik 1(1790)-, S. 216...219.

[32] *J. L. Boeckmann:* Beschreibung eines bequemen Apparates zur Beobachtung der Luftelectrizität auf dem Landhause des Herrn Pfisterers zu Petersburg nebst einigen Beobachtungen und Versuchen, die mit demselben angestellt sind. Journal der Physik 1(1790)-, S. 219...226.

[33] *G. B. Beccaria:* Dell'elettricismo. Tome 1. Macerata 1793.

[34] *J. K. Gütle:* Lehrbuch der praktischen Blitzableiterkunst nebst den Angaben der neuesten Naturforscher, die Elektrizität der Atmosphäre zu erforschen als Fortsetzung der theoretischen Blitzableiterlehre. Nürnberg, Schneider und Weigels 1804.

[35] Gewitterkatechismus, oder Unterricht über Blitz und Donner und die Art und Weise, wie man das Leben dagegen schützen und retten kann. 5. Auflage. Augsburg und Wien, Doll, 1814.

[36] *W. de Fonvielle:* Eclairs et tonnère. 3e édition. Paris, Hachette, 1874.

[37] *I. B. Cohen:* The two hundredth anniversary of Benjamin Franklin's two lightning experiments and the introduction of the lightning rod. Proceedings of the American Philosophical Society 96(1952)3, p. 313...366.
[38] *M. M. Newman:* Lightning discharge channel characteristics and related atmospherics. In: L. G. Smith: Recent advances in atmospheric electricity. Proceedings of the second conference on atmospheric electricity held at Portsmouth, New Hampshire, may 20...23, 1958, London a. o., Pergamon Press, 1958; p. 475...484.
[39] *M. M. Newman:* Use of triggered lightning to study the discharge process in the channel and application to v.l.f. propagation studies. In: S. C. Coroniti: Problems of atmospheric and space electricity. Proceedings of the third international conference on atmospheric and space electricity held at Montreux, Switzerland, may 5...10, 1963. Amsterdam /London/New York, Elsevier, 1965; p. 482...490.
[40] *J. Wiesinger:* Blitzsichere Zelte. Bull. SEV 59(1968)21, S. 1012...1017.
[41] *J. Wiesinger.* Blitzgeschützte Campingzelte. Blitz und Erde, Mitteilungen aus dem Hause Dehn 1(1970)1, S. 4...17.
[42] *J. Wiesinger:* Bestimmung der induzierten Spannungen in der Umgebung von Blitzableitern und hieraus abgeleitete Dimensionierungsrichtlinien. Bull. SEV 61(1970)15, S. 669...676.
[43] *J. D. Robb* und *M. M. Newman:* Lightning strikes to plastic components of light aircraft. Society of Automotive Engineers, Meeting, march 1970.
[44] *J. D. Robb, J. R. Strahmann* and *M. M. Newman:* Recent developments in lightning protection for aircraft and helicopters. In: Proceedings of the lightning and static electricity conference, 9...11 december 1970. Sponsored jointly by Air Force Avionics Laboratory and Society of Automotive Engineers. SAE Proceedings -(1970)35, p. 25...35.
[45] Phénomènes d'amorçages dans l'air des intervalles pointe-plan de 5 m et 10 m soumis à des chocs de manœuvre de polarité positive. Rapport Cigré No. 33-15, 1972.
[46] Recherches aux Renardières sur l'amorçage de grands intervalles d'air. Electra -(1972)23, p. 53...157.
[47] *E. Müller, H. Steinbigler* und *J. Wiesinger:* Zur numerischen Berechnung von induzierten Schleifenspannungen in der Umgebung von Blitzableitern. Bull. SEV 63(1972)18, S. 1025...1032.
[48] *J. Wiesinger:* Blitzforschung und Blitzschutz. Abhandlungen und Berichte, Deutsches Museum 40(1972)1/2, S. 5...76.

Adresse des Autors:
Prof. Dr. *Hans Prinz,* Direktor des Institutes für Hochspannungs- und Anlagentechnik der Technischen Universität München, Arcisstrasse 21, D-8 München 2.

EDWIN JAMES HOUSTON

1847 – 1914

Smithsonian Inst.

Der Name Houstons ist bei uns vorwiegend durch die Firmenbezeichnung Thomson-Houston bekannt geworden. Ältere Semester erinnern sich gewiss noch an den in die Deckplatte von Strassenbahnkontrollern eingegossenen Namenszug.

E.J. Houston wurde am 9. Juli 1847 in Alexandria im Staate Virginia geboren. An der Central High School Philadelphia erwarb er den Bachelor of Art. Für kurze Zeit hielt er sich darauf an den Universitäten Berlin und Heidelberg auf. Mit 20 Jahren wurde er auf den Lehrstuhl für physikalische Geographie und Naturwissenschaften an die gleiche Central High School berufen. Houston, ein unermüdlicher Arbeiter, war ein guter und beliebter Erzieher, der es verstand, die jungen Leute zu begeistern. Er erkannte den Wert von Laboratorien für den Unterricht und rüstete die Schule mit solchen aus.

Unter seinen Schülern gefiel ihm der etwa 8 Jahre jüngere Elihu Thomson besonders gut. Dieser wurde Chemiker, interessierte sich aber wie er selbst für die Anwendungen der Elektrizität. Thomson wurde dann sein Assistent und schon mit 18 Jahren sein Kollege als Chemieprofessor.

Ende der siebziger Jahre galt Houston bereits als versierter Fachmann auf dem Gebiet der Elektrizität, dessen Aufsätze in verschiedenen wissenschaftlichen Zeitschriften erschienen. Als er dem jüngeren Thomson eine freundschaftliche Zusammenarbeit anbot, fühlte sich dieser geehrt und sagte gerne zu.

Thomson, der noch Unbekannte, machte sich mit Eifer, Geschick und grossem Erfolg ans Experimentieren, Erfinden und Konstruieren. Houston aber berichtete über die Ergebnisse. Aus der zwei Jahre dauernden Zusammenarbeit entstand 1881 das Thomson-Houston-«Bogenlicht-System», das gegenüber andern Systemen, z.B. demjenigen von Brush, verschiedene Verbesserungen aufwies. Erwähnt seien die Regulierung auf konstanten Strom, eine automatische Bürstenabhebevorrichtung und eine Blasvorrichtung zur Unterdrückung des Bürstenfeuers.

Um das erhaltene erste Patent auszuwerten, gründeten die beiden 1882 die «American Electric Company» in New Britain. Während Thomson die Leitung des Unternehmens übernahm, blieb Houston an der Central High School. Wenig später wurde die Firma in die bereits erwähnte «Thomson-Houston Company» umgewandelt. Die nach Lynn verlegte Fabrik stand bald auf fast allen Gebieten der aufstrebenden Elektroindustrie mit ihren Produkten an vorderster Stelle, namentlich auch im Traktionswesen.

1884 wurde Houston Mitglied der U.S. Electrical Commission und Chefingenieur der in Philadelphia abgehaltenen Internationalen Elektrischen Ausstellung.

Der um diese Zeit einsetzende Kampf zwischen dem Gleichstrom und dem neu aufkommenden Wechselstrom führte zu Machtkämpfen unter den beteiligten Industrien. «Thomson-Houston» gründeten Auslandfilialen in Frankreich, England und Deutschland. Ferner übernahmen sie die Brush-Company, das Unternehmen von Sprague und andere. Als die Gerichte nach langwierigen, das Glühlicht betreffenden Prozessen zu Gunsten Edisons entschieden, kam es um 1893 zur Vereinigung der «Thomson-Houston» mit der «Edison General Electric» zur «General Electric Company».

1893/94 war Houston Präsident der American Institution of Electrical Engineers. In diesem Jahre verliess auch er die Central High School und betrieb zusammen mit A.E. Kennelly bis zu seinem am 1. März 1914 erfolgten Tod ein Consulting Bureau in Philadelphia.

Houston veröffentlichte nebst vielen Zeitschriftenaufsätzen 52 Bücher, von denen «Electrical Engineering Leaflets», «Recent Types of Dynamo-Electric Machinery», «Dictionary of Electrical Words, Terms and Phrases», «Electricity on Every Day Life», erwähnt seien.

H. Wüger