



UNIVERSITÄTS-  
BIBLIOTHEK  
PADERBORN

## **Glückliche Stunden**

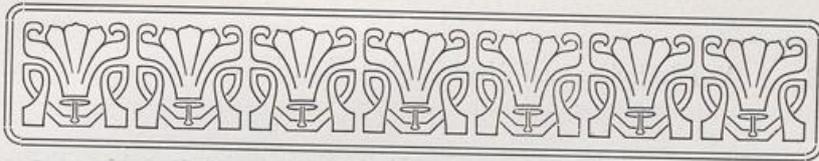
**Slaby, Adolf**

**Berlin, 1908**

1. Von irdischen und überirdischen elektrischen Kräften

---

[urn:nbn:de:hbz:466:1-73872](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-73872)



## 1.

### Von irdischen und überirdischen elektrischen Kräften.

**E**in elektrisches Experiment ist erst dann für einen technischen Prozeß verwertbar, wenn die beabsichtigte Wirkung sicher hervorgerufen und nach Maß und Zahl vorausberechnet werden kann. In diesem Sinne spricht man z. B. bei einem Scheinwerfer der Marine von einer elektrischen Spannung von 50 Volt und einer Stromstärke von 80 Ampere und kennzeichnet dadurch die Größe seiner Leistung sowie den erforderlichen Kraftbedarf. Der Elektrotechniker bedient sich also bei seinen Entwürfen gewisser Benennungen und Einheiten für die elektrischen Größen; der heutige Vortrag soll den Begriff der elektrischen Spannung an einigen Beispielen erläutern.

Die Anschlußpunkte einer Dynamomaschine oder einer andern Quelle elektrischer Kraft nennt man die Pole derselben. Von hier gehen die Drähte aus, welche die elektrische Wirkung bis zum Orte ihrer technischen Verwendung weitertragen. Befreit man die Pole von der Drahtleitung, so kann man an ihnen eine ihrer wesentlichsten Eigenschaften, ihre elektrische Spannung erkennen. Die Kenntnis der elektrischen Spannung reicht weit zurück ins Altertum. Es wird uns berichtet, daß schon einer der sieben Weisen

S1aby, Glückliche Stunden.

Griechenlands, Thales von Milet, etwa 600 v. Chr. diese Erscheinung wahrnahm an dem geriebenen Bernstein, dem Electron, von welchem her ja auch die Erscheinung ihren Namen trägt. Wenn man Bernstein reibt, erhält er die Fähigkeit, leichte Gegenstände, wie Papierschnitzel, anzuziehen und nach einiger Zeit wieder abzustößen. Nirgends im Altertum finden wir aber den Gedanken, daß diese Erscheinung zusammenhänge mit derjenigen des Blitzes, des „gesammelten Feuers der Wolken“, wie man den Blitz damals bezeichnete. Das Altertum ist außerordentlich arm an wirklichen naturwissenschaftlichen Kenntnissen, und das häufig gerühmte Aufleben der Wissenschaften am Ende des Mittelalters ist zunächst eigentlich weiter nichts als ein Rückfall in die Irrtümer des Altertums.

Im Beginn des Mittelalters lernte man eigentümliche elektrische Erscheinungen animalischen Ursprungs kennen. An den Gestaden des Mittelmeers lebt ein Fisch, der Zitterrochen oder Torpedofisch, welcher die Eigenschaft hat, elektrische Schläge zu erteilen. Die Mitbewohner des Meeres umziehen diesen Fisch in weitem Umkreise und die Fischer fürchten ihn beim Fange. In den Gewässern von Süd-Amerika hat man später noch einen gefährlicheren Fisch entdeckt, den *Gymnotus electricus*, welcher noch wesentlich stärkere elektrische Kräfte besitzt. Fesselnd ist die Schilderung, die Alexander von Humboldt in den Ansichten der Natur von dem Kampfe der Rosse der Steppe mit den elektrischen Gymnoten gibt. Um diese Fische zu fangen, die ein sehr wohlschmeckendes Fleisch haben, treibt man die Pferde in einen von Gymnoten erfüllten Sumpf; dort stehen sie zitternd mit gesträubter Mähne, mit fliegenden Nüstern und dulden die Schläge der Gymnoten, die sich, selber erschreckt, schlangentartig unter ihrem Bauch dahinwinden, bis ihre elek-

trische Kraft erschöpft ist. Dann ziehen die Eingebornen sie mit Harpunen ans Land und töten sie.

Aus dem Mittelalter wird uns ferner berichtet, daß auch einzelne hervorragende Menschen sich durch elektrische Eigenschaften auszeichneten. So wird von Theoderich dem Großen, dem Gothenkönig, erzählt, daß er beim Gehen Funken sprühte. Diese Erscheinung kann jeder erzeugen, auch ohne ein Theoderich zu sein. Wenn wir uns abends in einem geheizten Zimmer, bei trockner Außenluft, unserer wollenen Unterkleider entledigen, vernehmen wir nicht selten ein eigentümliches knisterndes Geräusch, und wenn wir aufmerksam sind, können wir deutlich sehen, daß kleine bläuliche Funken überspringen. Wenn wir mit einem Gummikamm durch das Haar fahren, machen wir ganz ähnliche Wahrnehmungen.

Von einer wirklich wissenschaftlichen Betrachtung dieser elektrischen Spannungserscheinung, die also bekannt war, ist nicht die Rede. Erst im 17. Jahrhundert setzt die Forschung ein, und in der Mitte dieses Jahrhunderts erzeugt zum erstenmal der gelehrte Bürgermeister von Magdeburg, Otto von Guericke nennenswerte elektrische Spannungen mittels einer von ihm erfundenen elektrischen Maschine. Daran schließt sich im 18. Jahrhundert eine unaufhörliche Reihe von wissenschaftlichen Studien über die elektrische Spannung, bis endlich am Ende desselben Coulomb durch sein berühmtes, seinen Namen tragendes Gesetz die ganze Kette der bis dahin bekannten Erscheinungen schließt und sie durch ein gemeinsames Band vereinigt.

Frischen wir zunächst einige Schulerinnerungen auf. Eine geriebene Glasstange brachten wir in die Nähe eines außerordentlich leichten Körpers, einer Hollundermarkkugel

oder eines Stückchen Goldschaum, an einem Seidenfaden hängend, und sahen wie dieser Körper von der in elektrischen Spannungszustand versetzten Stange angezogen und nach einiger Zeit wieder abgestoßen ward. Es schien so, als ob von dem Glase gleichsam eine stoffliche Masse, eine hypothetische Flüssigkeit mitgeteilt und nach erfolgter Sättigung zurückgestoßen wurde. Genau die gleiche Erscheinung nehmen wir wahr, wenn eine Harz- oder Gummistange gerieben wird. Nähern wir aber zwei Hollundermarkkugeln, von denen die eine mit Glaselektrizität, die andere mit Harzelektrizität geladen ist, so sehen wir, daß sie lebhaft von einander angezogen werden, während zwei solcher Kugeln, die mit gleichartiger Elektrizität geladen sind, entweder nur mit Glaselektrizität oder nur mit Harzelektrizität, sich gegenseitig abstoßen. Ähnliche Erscheinungen zeigen in verschiedener Stärke fast alle geriebenen Stoffe, so daß man sie in glaselektrische oder positive und in harzelektrische oder negative eingeteilt hat. Coulomb hat diese Erscheinung zuerst als das Überladen eines unsichtbaren, unwägbaren Stoffes, den er Elektrizität nannte, aufgefaßt und durch interessante Versuche gezeigt, daß die Kräfte, die bei der Anziehung oder Abstoßung wirken, proportional sind dem Produkt der Ladungen und umgekehrt proportional dem Quadrat der Entfernung.

Außer dieser Elektrisierung durch direkte Berührung, die wir als Ladung bezeichnen, haben wir noch eine zweite Art. Wenn wir einen metallischen Körper einem geladenen Körper nähern, so erscheinen auf dem metallischen Körper zwei verschiedene Ladungen, und zwar an der Seite, welche dem mit Elektrizität begabten Körper genähert wird, die entgegengesetzte und die gleiche auf der abgewandten Seite. Man nennt diese Scheidung, dieses gleichzeitige Auftreten

von ungleichnamigen, lediglich durch Näherung erzeugten Elektrizitäten Influenz.

Entsprechende Erscheinungen zeigen nun die Pole jeder beliebigen Elektrizitätsquelle, sei es eine Dynamomaschine oder eine Batterie. Es herrscht immer Ungleichartigkeit zwischen den Ladungen der beiden Pole und wir können auch hier das Naturgesetz aussprechen: Gleichartige Pole stoßen sich ab, ungleichartige ziehen sich an.

Ein Versuch soll dieses Gesetz uns vor Augen führen.

Auf einer weißen Fläche erscheinen als Schattenwirkung einer elektrischen Lampe die plattenförmigen Pole einer Akkumulatorbatterie. (Fig. 1.) Zwischen ihnen hängt vollkommen frei ein dünnes Aluminiumblättchen, welches der anziehenden und abstoßenden Wirkung der Pole unterliegt. So lange das Blättchen genau in der Mitte zwischen den beiden Polen schwebt, nehmen wir keine Bewegung wahr. Verschieben wir aber den beweglichen Streifen etwas nach rechts oder links, so wird er angezogen von dem näher liegenden Pol. Nach einiger Zeit wird er abgestoßen und fliegt hinüber zum andern Pol. Dort wiederholt sich das gleiche Spiel und so sehen wir ein kontinuierliches Pendeln des Aluminiumblättchens. Durch Influenz wird der bewegliche Streifen elektrisiert und es muß, wenn links der positive Pol war und auf der zugewandten Seite des Streifens infolgedessen negative Elektrizität, die Anziehung nach links er-

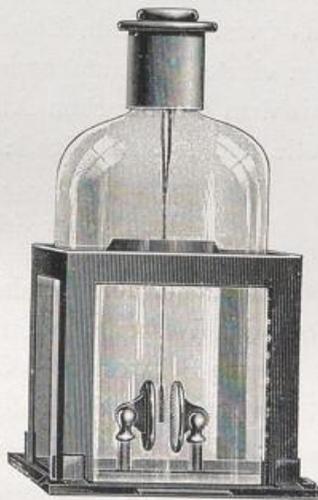


Fig. 1.

folgen. Bei Berührung teilt sich dem Blättchen die Elektrizität des berührten Poles mit und es erfolgt intensive Abstoßung. Durch die lebendige Kraft, mit der das Blatt in der Mittel-lage ankommt, wird es veranlaßt, dieselbe zu überschreiten und fliegt weiter zum negativen Pol. Die fortdauernde Erscheinung können wir auffassen wie ein absetzendes Hinüberwandern der Ladung des einen Poles zum andern.

Was lehrt uns dieses Experiment? Eigentlich nur wenig. Wir erfahren nichts von der geheimnisvollen Kraft, welche das freischwebende Metallblättchen mit unfehlbarer Sicherheit von einem Pol zum andern treibt. Wir könnten uns trösten mit dem Goetheschen Ausspruch über die ebenso geheimnisvolle magnetische Kraft:

Magnetes Geheimnis — Wer erklärt mir das?  
Kein größer Geheimnis als Liebe und Haß!

Doch der forschende Geist beruhigt sich dabei nicht. Wo ihm das Wissen die Führung versagt, leitet ihn gern eine willigere Schwester — die Phantasie. Sie bevölkert ihm den Raum zwischen den Polen mit einem dichten Gewühl unsichtbarer Moleküle und überträgt die elektrische Kraft durch das zerrrende Gedränge der wie zu einer Schaustellung versammelten Aethermassen. Wer je in einem dichten Menschen-gewühl gesteckt hat, weiß welchen Pressungen und Zerrungen er dabei ausgesetzt ist. Willenlos wird man an Stellen ge-trieben, die weit abliegen von denen, welche man erreichen will. Man selber führt Pressungen aus auf Menschen und Körperteile, denen man am liebsten weit aus dem Wege ginge. Man denkt zu schieben und man wird geschoben.

Ähnlich stellt man sich das Gedränge der Äthermoleküle vor, wenn zwei mit entgegengesetzter Spannung begabte Körper sich gegenüberstehen. Durch diese Pressungen und

Zerrungen des Äthers werden die Kräfte auf das bewegliche Aluminiumblättchen übertragen. Das ist die heutige Vorstellung der forschenden Physik. Den Techniker berührt sie nicht. Wir fordern nicht eine Erklärung der Erscheinung, wir haben nur mit ihren Wirkungen zu tun. Diese wollen wir aber beherrschen und dazu müssen wir in der Lage sein, sie zu messen.

Es liegt nahe, die geschilderte und beobachtete Kraftwirkung dazu heranzuziehen. Man hat Instrumente gebaut, um die elektrischen Spannungen durch Gewichte zu messen, nach dem Prinzip der Hebelwage oder der Neigungswage, der bekannten Briefwage wie wir sie täglich benutzen, um den materiellen Inhalt unserer Briefe, leider nicht auch ihren geistigen zu kontrollieren.

Bei den praktischen Messungen haben wir es nun niemals mit einer Spannung zu tun, sondern immer mit zweien. Alle Erscheinungen der Elektrizität zeigen einen interessanten Dualismus, eine einzelne Elektrizitätsart besteht niemals für sich allein. Selbst wenn wir einen Körper mit einer solchen etwa positiven laden würden, so erscheint durch Influenzwirkung sofort auch die negative auf den benachbarten Gegenständen oder den Wänden des Zimmers. Wir haben also immer mit der Anwesenheit von zwei Ladungen verschiedener Spannung zu rechnen. Man kann sie vergleichen mit einem Unter- und einem Überdruck.

Sind zwei Körper vorhanden, von denen wir den einen als elektropositiv den andern elektronegativ geladen bezeichnen, so ist auf dem positiven eine elektrische Überspannung, auf dem negativen eine elektrische Unterspannung. Ein Analogon bietet ein U-förmig gebogenes offenes Glasrohr, das zum Teil mit Wasser gefüllt ist. Wenn wir durch Luftverdünnung in dem einen Schenkel den Wasserspiegel

heben, so senkt er sich in dem andern, in dem ersteren haben wir dann einen Überdruck in dem anderen einen Unterdruck der Wassersäule. Gestatten wir einen Ausgleich der Spannungen, dann fällt die Wassersäule in dem Schenkel,

wo sie höher stand, sie steigt im anderen und es bildet sich ein mittleres gleiches Niveau in beiden.

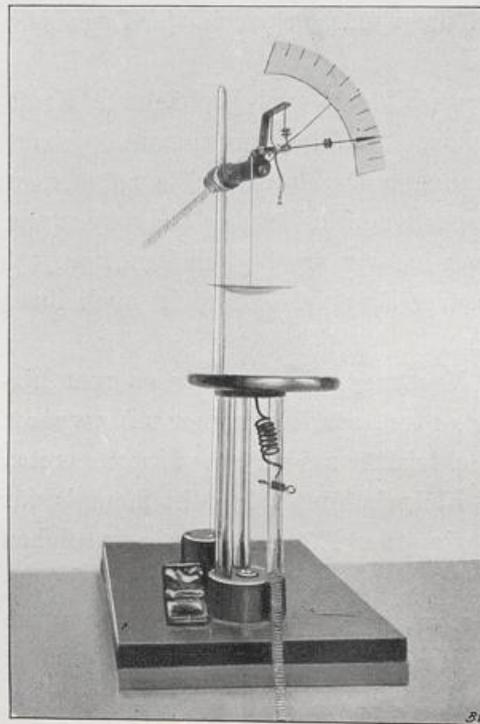


Fig. 2.

Ebenso haben die Pole einer Elektrizitätsquelle elektrischen Überdruck bzw. Unterdruck. Verbinden wir den einen Pol mit einer festen Platte, den anderen mit einer über der ersten aufgehängten beweglichen, so können wir durch Gewichtbelastung eines Wagebalkens die Anziehungskraft messen (Fig. 2). Dies gibt uns zugleich ein Maß für die elektrische Spannung

zwischen den beiden Polen oder deutlicher ausgedrückt, für ihre elektrische Spannungsdifferenz. Ein solches Meßgerät heißt ein Elektrometer.

Nun handelt es sich darum, eine Einheit der Spannung festzustellen. Über ihre Größe können wir offenbar ganz beliebig verfügen. Die Technik benutzt als Einheit diejenige,

welche zwischen den Polen eines galvanischen Elementes von bestimmter Zusammensetzung besteht, wie sie Volta zuerst angegeben hat und nennt sie zu Ehren des italienischen Entdeckers ein Volt. Wir können also mit einem geeichten Elektrometer die Spannungen in Volt messen, wenn wir wissen, welche Belastung aufzulegen ist, wenn die Spannungsdifferenz beispielsweise 10 000 Volt beträgt oder unter welchem Winkel der Zeiger der Neigungswage ausschlägt, wenn diese Spannungsdifferenz vorhanden ist. Den Versuch mit dem Aluminiumblättchen haben wir angestellt mit einer Spannungsdifferenz von 100 Volt. Die Kräfte, welche hierbei auftraten, waren überaus winzig, einem leisen Windhauch vergleichbar.

Stärkere Spannungen können wir durch andere Mittel erzeugen; ich verwende dazu eine 50pferdige Dynamomaschine. Ein mit Metall bedeckter Tisch und 2 m darüber frei in der Luft an Schnüren hängend eine Metallkugel bilden die Pole der Maschine. Zwischen ihnen entsteht ein Raum, der von den Strahlen der elektrischen Spannungskraft durchflutet wird. Unser Leben würde in Gefahr kommen, wollten wir uns der Kugel nähern, sobald die elektrische Spannung sie erfüllt. Durch eine sinnreiche Einrichtung ist sie aber gefahrlos gemacht. Bei dem ersten Versuch behielt jeder Pol seine ihm eigentümliche Spannung unverändert bei. Hier lassen wir sie wechseln, indem wir ihre Rollen unaufhörlich vertauschen, in einer Sekunde etwa hunderttausendmal. Der Wechsel vollzieht sich so schnell, daß jede einzelne Spannung ihre Wirkung nicht bis in das Innere des menschlichen Körpers tragen und seinen Organismus gefährden kann; sie verbleibt auf der Haut und kann diese nur oberflächlich verletzen. Allerdings werden die Muskeln in Mitleidenschaft gezogen und heftig kontrahiert, eine minutenlange Berührung hat mir einst eine wochenlange schmerzhaftige Muskelentzündung

am Arme eingetragen. Die Spannung ist hier allerdings beträchtlich gesteigert, das angeschlossene Elektrometer zeigt 3 Millionen Volt. Ein leises Zischen ist alles, was uns im Tageslicht das Vorhandensein dieser hohen Spannung verrät. Verdunkeln wir aber den Saal, so sehen wir von den Zu-

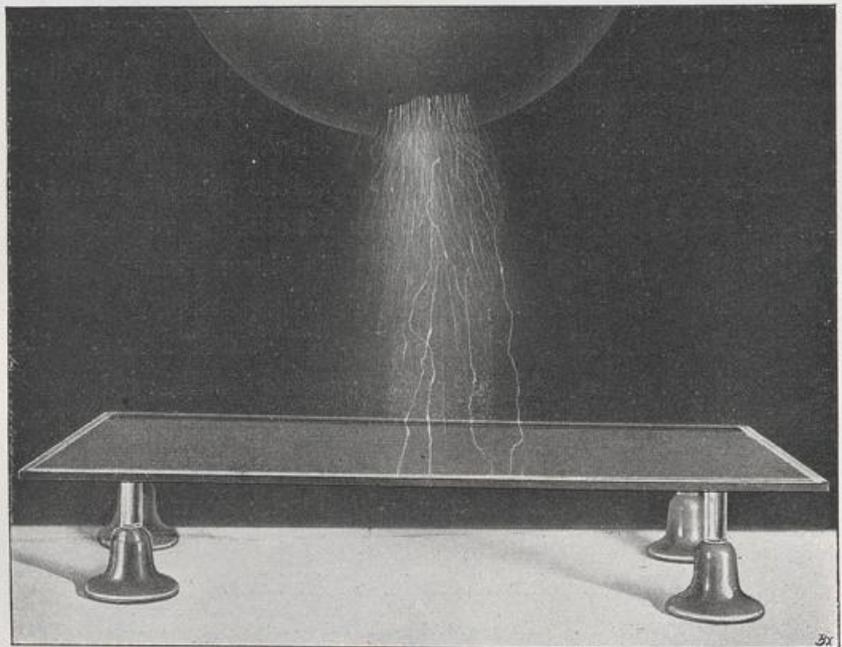


Fig. 3.

leitungsdrähten und der Kugel bläuliche Lichtstrahlen ausgehen, es ist das St. Elms-Feuer, das bei starken elektrischen Ladungen durch die Atmosphäre von den Mastspitzen der Schiffe ausstrahlt und den wetterfesten Seemann früher mit Furcht und Grauen erfüllte.

Nähern wir die Kugel der Tischplatte, so tritt ihre elektrische Spannung deutlicher in die Erscheinung: wir sehen

meterlange Blitze überspringen, indem die Spannungen sich ausgleichen, wobei sie sich einen Weg durch die Luft bahnen — wie Gewaltmenschen, die mit heftigem Stoß ein Menschengewühl durchbrechen und rücksichtslos niedertreten, was sich ihnen in den Weg stellt. Die leuchtende Spur ihrer Zerstörung zeigt uns der blitzartige Funken. Aber nur manchmal erreichen sie ihr Ziel, viele erlahmen auf dem Zerstörungswege, sie gleichen züngelnden Flammen. (Fig. 3.)

Ein elektrischer Blitz ist desto greller und leuchtender, je größere Elektrizitätsmengen an dem Ausgleich beteiligt sind. Bei den bisherigen Versuchen waren es nur geringe Quantitäten; schalten wir aber einen Ansammlungsapparat dazwischen in Form einer Leydener-Flasche, so können wir die Quantitäten künstlich steigern. Wir ersetzen dabei die Luftschicht zwischen den Polen durch einen Stoff, der dem Ausgleich einen größeren Widerstand entgegensetzt, am besten eignet sich Glas, so daß die Elektrizitäten sich ansammeln können. Die Erfindung stammt nicht aus Leyden, sie gelang vielmehr im Anfang des 18. Jahrhunderts einem Mitgliede der Familie von Kleist, der als jüngerer Sohn im Genuß einer Domherrnpräbende in dem weltabgeschiedenen Cammin sich mit elektrischen Studien sein stilles Dasein verschönte. Eines Tages experimentierte er mit einer halb mit Wasser gefüllten gläsernen Arzneiflasche, in welche er einen langen eisernen Nagel gesteckt hatte. Diesen berührte er mit dem Konduktor seiner Elektrisiermaschine, während er mit der einen Hand das Fläschchen umspannt hielt. Dadurch schaltete er zwischen seine Hand und den Nagel die ansammelnde Eigenschaft des Glases und empfing, als er zufällig den Nagel mit der anderen Hand berührte, einen starken elektrischen Schlag. (Fig. 4.) Durch brieflichen Austausch mit Leydener Freunden gelangte diese Erkenntnis an den

damaligen Zentralpunkt naturwissenschaftlicher Forschung und strahlte von dort weiter aus.

Eine große Reihe von solchen Glasflaschen haben wir jetzt zwischen die Pole geschaltet — das ohrenbetäubende Geknatter zahlloser Gewehrsalven mit dem fast unerträglichen grellen Lichtschein breiter Blitzspuren, die über den Glasrand hinweg den Ausgleich suchen, belehrt uns, daß nun auch die



Fig. 4.

Luft in starke Mitleidenschaft gezogen. Wir haben tatsächlich ein Miniaturgewitter mit Blitz und Donner erzeugt. (Fig. 5.)

Denn die Gewitter, welche die Natur uns zeigt, sind auf die gleichen Ursachen zurückzuführen. Die mit elektrischer Überspannung erfüllte, von der Decke des Saales herabhängende Kugel ist einer drohenden Gewitterwolke vergleichbar, der mit Metall belegte Tisch stellt ein Stück der Erdoberfläche dar mit elektrischem Unterdruck. Als eigent-

lichen Sitz der elektrischen Energie haben wir aber nicht diese Körper zu betrachten, sondern vielmehr den Luftraum, den sie umgrenzen. In diesem ist der elektrische Spannungs-

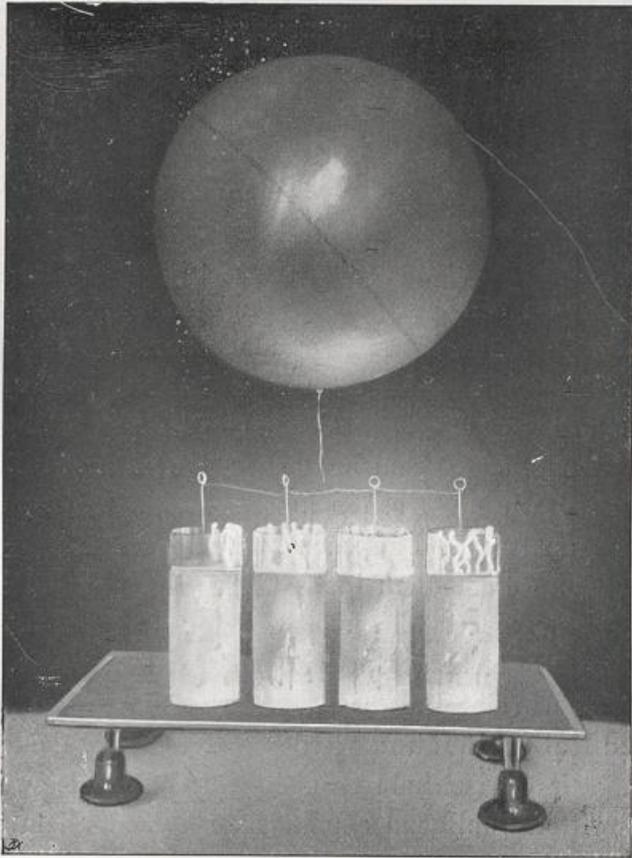


Fig. 5.

zustand zu suchen, der die Äthermassen oder das unbekannte Etwas, das sonst den Raum neben der Luft erfüllt, in so gewaltige Zerrungen und Pressungen versetzt, daß wir ihn mit einem ungeheueren Dampfkessel vergleichen können, der bei

Überschreitung der Bruchfestigkeit des Materials mit donnerndem Knall explodiert. Während aber bei diesem der entlastende Ausgleich sich durch die gesamte Masse des Dampfes vollzieht, der nach allen Richtungen expandiert, erfolgt der Ausgleich der elektrischen Spannungen in begrenzten engeren Bahnen, in denen die elektrische Energie sich in Wärme verwandelt, wobei sie den Luftkanal mit unnennbaren Temperaturen in die grellste Weißglut versetzt.

Aber wie bei der Explosion eines Dampfkessels weithin geschleuderte Eisenfetzen Verderben und Zerstörung durch den Raum verbreiten, so gehen auch von der Blitzspur Fernwirkungen aus, die nicht bloß wie der Donner durch fort-eilende Lufterschütterungen zustande kommen, sondern elektrischer Natur sind. Außerhalb eines Hauses niedergehende Blitzschläge lassen die elektrischen Glühlampen in demselben momentan aufleuchten und an den Telephon- und Klingelleitungen hören wir nicht selten knisternde Geräusche, die den Übergang von kleinen Fünkchen zwischen den Leitungen begleiten. Selbstverständlich bieten diese winzigen Äußerungen nicht die geringste Gefahr, sie zeigen uns aber deutlich die Verbreitung der elektrischen Kräfte durch den Raum.

Auch die in der Luft schwebenden feinsten Staubteilchen und Nebelbläschen werden dadurch in Mitleidenschaft gezogen. Die erfrischende Reinheit der Luft, die wir nach jedem Gewitter wohltuend empfinden, ist nicht allein auf das Auswaschen der Atmosphäre durch den Regen oder vermehrte Ozonbildung zurückzuführen; es findet auch eine Verdichtung der kleinen materiellen Partikel statt, wodurch sie vom Regen leichter zur Erde geführt werden und die Luft gleichsam durchsichtiger werden lassen. Eine interessante Beobachtung in dieser Richtung konnte ich einst am Leuchtturm von la Hève machen. Nach einem schwülen Tage war die Luft über

dem Meere außerordentlich unsichtig, der rotierende Strahlenkegel des Leuchtturms, der sonst mit scharf markierten Umrissen sich aus der Dunkelheit deutlich abhob, wenn er den Horizont bestrich, erschien wie ein unbestimmtes geisterhaft vorüberhuschendes Nebellicht. Da türmten sich Gewitterwolken über dem Meer und in der Ferne zuckte der erste Blitz. Mit einem Schlage war das Bild verändert — mit klaren Umrissen trat der leuchtende Strahlenkegel wieder in die Erscheinung.\*)

Die verdichtende Kraft der elektrischen Spannung sollen uns einige einfache Laboratoriumsexperimente zeigen. Mit Hilfe einer an die Wasserleitung angeschlossenen engen Düse erzeugen wir eine Fontäne; der dünne gepreßte Wasserstrahl zerstäubt beim Niedergang zu einem leichten feinen Schleier, der in dem darauf gerichteten hellen Lichtstrahl eines Scheinwerfers sich nur wie ein Nebel abhebt. Nähere ich aber der Fontäne ein schwaches elektrisches Spannungsfeld in Gestalt einer geriebenen Siegellackstange, so verdichten sich die

---

\*) Eine ähnliche Naturerscheinung bot sich im letzten Sommer den tausenden von Zuschauern, welche am Strande von Heringsdorf die zu Ehren des Zarenbesuches veranstaltete Festbeleuchtung der Hochseeflotte betrachteten. Mit eintretender Dunkelheit war die Luft dick und unsichtig geworden, so daß man kaum die einzelnen Lichter der Panzerkolosse unterscheiden konnte. Die kurzdauernde Probebeleuchtung eines Schiffes verursachte eine schwere und allgemeine Enttäuschung, nur ein mattes verschwommenes Schimmern ging von den Perlenketten aus, die die Konturen des stolzen Schiffes umzogen und ließ nur eine leise Ahnung des erhofften Genusses entstehen. Da kam ein gnädiges Geschick zu Hilfe: Hinter der Wolkenwand weit in der Ferne erhob sich ein Wetterleuchten — und klar und deutlich traten nunmehr an der langen Reihe schimmernder Festungen die leuchtenden Guirlanden mit ihren tausenden von Lichtern wie Diamanten am nächtlichen Himmel glitzernd und sprühend dem staunenden Betrachter vor Augen — ein hinreißender Anblick.

Nebelbläschen zu größeren Wassertropfen, die in dem elektrischen Licht wie Sterne funkeln. (Fig. 6a und b.)

Ein anderes Experiment verspricht die Möglichkeit einer technischen Verwertung. Durch diesen großen Glas-

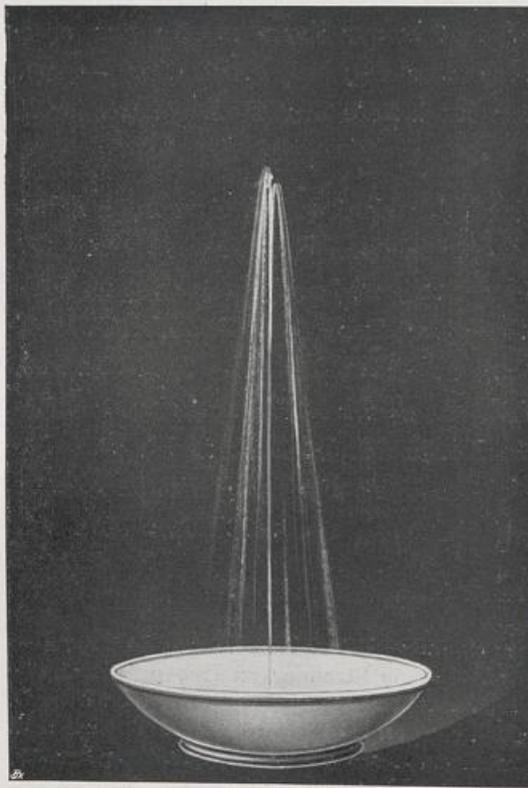


Fig. 6a.

kasten sind im Abstand von einem halben Meter parallele Drähte geführt, welche an die Klemmen einer Hochspannungsmaschine angeschlossen sind. Dadurch entsteht ein kräftiges Spannungsfeld in dem Kasten. Nun erfülle ich denselben mit einem dichten Rauchschwaden, indem ich für einige Minuten eine stark rußende Terpentinflamme darin brennen lasse, bis der Glas-

kasten vollständig

undurchsichtig geworden. Er würde lange Zeit so bleiben. Schalte ich aber jetzt die Hochspannungsmaschine ein, so sehen Sie, wie die Rußmassen in lebhaftere Bewegung geraten, dabei gleichsam zusammenfließen, in dichten schwarzen Flocken auf den weißgestrichenen Boden nieder-

fallen und ihn vollständig bedecken. In wenigen Sekunden ist die Luft wieder rein und der Kasten durchsichtig geworden.

Professor Lodge in Birmingham hat vorgeschlagen, mit diesem Mittel den lästigen Feind des englischen Klimas, seine unerträglichen Nebel zu bekämpfen. Mit großen Maschinen wollte er die Atmosphäre künstlich in Spannung versetzen und damit den Niederschlag des Nebels bewirken. Der Versuch zeigte zwar die Richtigkeit seiner theoretischen Spekulation aber auch zugleich die „Unzulänglichkeit“, die hier zum „Ereignis“ ward. Die Kraft des Niagarafalles würde nicht

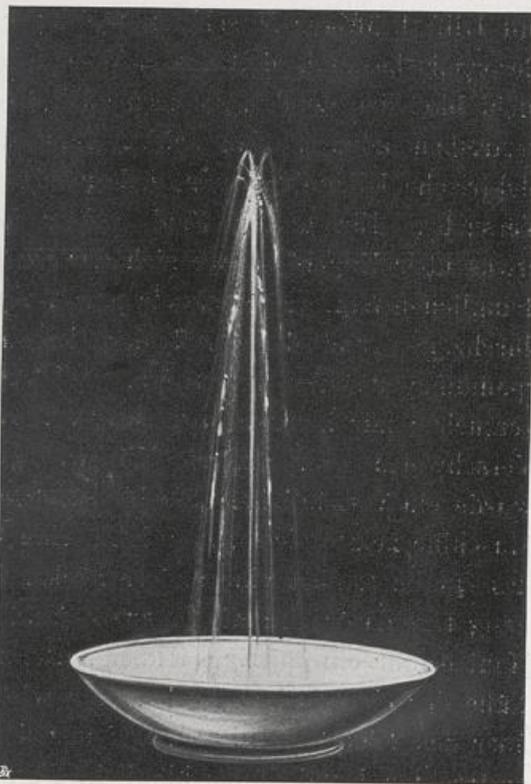


Fig. 6b.

ausreichen, einem richtigen Londoner Nebeltag eine auch nur bescheidene Helligkeit zu verleihen.

Aussichtsvoller erscheint das Verfahren für geschlossene Räume. Einer meiner Kollegen, Professor Rietschel, wurde jüngst vor die Aufgabe gestellt, den großen Saal einer Ber-

liner Brauerei für den Sonntagsbesuch von dem entsetzlichen Tabaksqualm ohne Rauchverbot zu befreien und durch ausgiebige Ventilation die häufigen Ohnmachtsanfälle der Frauen und Kinder zu verhüten. Ein ausreichender Luftwechsel ließ sich zwar durch kombinierte Sauge- und Druckvorrichtungen mit Hilfe kräftiger Maschinen unschwer erreichen, aber die Besorgnis bestand, daß das erforderliche zugige „Mailüfterl“ nicht bloß den Qualm, sondern auch die Gäste aus dem Saal vertreiben könnte. Ich schlug ihm das in Rede stehende elektrische Hilfsmittel vor und machte auch entsprechende Versuche. Ein großer Saal meines Laboratoriums wurde, etwas über Kopfhöhe, wo sich der Qualm in einer undurchdringlichen Wolke zu sammeln pflegt, von zahlreichen Drähten durchzogen und diese mit dem negativen Pol einer Hochspannungsmaschine verbunden, weil ich auf Grund von Vorversuchen mir hiervon den besten Erfolg versprach. Durch Verschwelen von einigen Kilogramm „echtsten“ Varinas wurde ein vorzüglicher „Hecht“ erzeugt. Nach Anlassen der Maschine zeigte sich zwar bald eine wesentliche Abnahme des Qualmes, aber eine andere höchst unangenehme Erscheinung trat dafür ein: die Haare sträubten sich und die ganze Haut erfuhr ein spitziges Kitzeln. Dazu kam die bedenkliche Nähe der elektrischen Drähte, die wie ein Damoklesschwert über den Häuptern hingen und aus denen man mit der ausgestreckten Hand dünne bläuliche Funken von beträchtlicher Länge ziehen konnte. Das Verspannen in größerer Höhe schädigte das Niederschlagen des Qualmes beträchtlich. Mein Freund gab deshalb dem „Mailüfterl“ den Vorzug.

Ein anfänglicher Mißerfolg darf den Ingenieur nicht schrecken. Mir war bei diesen Versuchen, welche die stark niederschlagende Wirkung elektrischer Hochspannungsfelder deutlich gezeigt hatten, ein Gedanke gekommen, der mich im

Anfang selber förmlich elektrisierte. Könnte man nicht mit diesem Mittel das Qualmen der Schornsteine verhüten? Die Rauchbelästigung ist eine Plage, welche die zunehmende Industrie über uns verhängt hat. Wer sie beseitigt, hat volles Anrecht auf den Titel eines Wohltäters der Menschheit. Tausend Verwünschungen haben wir alle schon dem eilenden Schnellzug nachgesandt, wenn er das blühende sonnige Tal, über dem unser Auge soeben noch mit Entzücken geweilt, minutenlang mit stickigem stinkendem Qualm erfüllt. Anders allerdings auf See, da wird der qualmende Schornstein zu einer fast notwendigen belebenden Unterstützung der ganzen Szenerie. Wieviel Reize müßten unsere Marinemaler opfern, wenn sie dem gegen die Wellen ankämpfenden Panzerkoloß das sichtbare Zeichen seiner schweratmenden Maschinen rauben wollten. Hier gehört es zum Bilde und, weit vom Schuß, fühlen wir uns dadurch nicht belästigt. Nach anderer Seite hin hat die Rauchfrage aber schwere wirtschaftliche Bedenken. Der Rauch ist unverbrannter Kohlenstoff, wir vergeuden damit achtlos die Kohlenschätze, welche eine gütige Vorsehung für den Kraffthunger der Menschheit aufgespeichert hat. Die Nachwelt wird uns einst als Verschwender brandmarken.

Die Anwendung des elektrischen Verfahrens erschien zunächst überaus einfach. Ehe ich mir die Schornsteine der Technischen Hochschule zur Verfügung stellen ließ, machte ich Vorversuche im Laboratorium. Ein 4 Meter hoher Blechschornstein wurde mit einer Vorkammer versehen und sorgfältig von Boden und Decke isoliert; in der Mittellinie spannte ich einen ebenso isolierten Stacheldraht aus (Fig. 7) und verband diese Teile mit den Polen der Hochspannungsmaschine. Eine Terpentinflamme in der Vorkammer versorgte den Schornstein mit dem schönsten schwarzen Qualm, der sich an der

weißen Decke des Saales ausgiebig niederschlug. Wie groß war meine Freude, als beim Einschalten der Hochspannung der dicke Qualm, wie ausgeblasen, sofort verschwand. Nicht geringer aber war die nachfolgende Enttäuschung, denn eine

oberflächliche Rechnung belehrte mich, daß zur dauernden Bewältigung der Rauchmassen eines qualmenden Fabrikschornsteins, elektrische Kräfte von so enormer Größe herangezogen werden müßten, daß ihre technische Verwendung ausgeschlossen erschien. Mit dieser Tatsache mußte ich leider rechnen und die erforderliche Neuweißung der Decke neben dem Verlust der Anwartschaft auf den Titel eines Wohltäters der Menschheit war das einzige praktische Resultat.

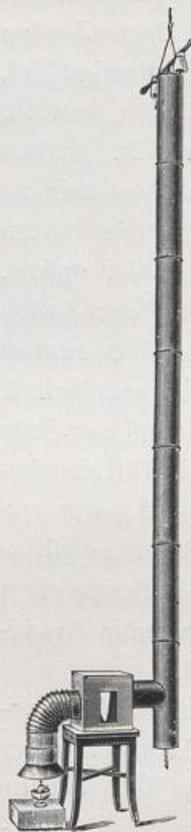


Fig. 7.

Es ist fast selbstverständlich, daß die sichtbare Wirkung, welche eine elektrisch gespannte Atmosphäre auf die in derselben schwimmenden kleinsten materiellen Teile ausübt, auch den Organismus belebter Wesen beeinflusst. Bei einigen experimentellen Studien, die mich wochenlang mehrere Stunden des Tages zu einem Aufenthalt in Hochspannungsfeldern zwangen, spürte ich eine deutliche Abspannung meiner Nerven, aber nur in wohltuender Weise, denn ich habe niemals besser geschlafen als in jener Zeit. Anders äußerten sich die Wirkungen bei meinem damaligen Gehilfen, er klagte über Magenbeschwerden und Schlaflosigkeit. Bei reichlichem Milchgenuß verschwanden indes diese Störungen. Es ist auch keine Einbildung, wenn manche Menschen das Herannahen des Ge-

witters deutlich empfinden wollen; die sogenannte Schwüle der Atmosphäre, welche uns in einen bedrückenden Zwangszustand versetzt, ist sicherlich auf elektrische Einflüsse zurückzuführen, und wir sprechen nicht unberechtigt von der befreienden Kraft des Gewitters —

    Noch eben Donnergerolle  
    In flammender Wolkenschlacht —  
    Und nun die zaubervolle  
    Tiefe Stille der Nacht.

Die Angst vor dem Einschlagen des Blitzes und den Donnerworten, in denen der Schöpfer dabei zu uns spricht, ist dagegen unberechtigt, wenn wir uns in einem ausreichend geschützten Raume befinden.

Was ist ein ausreichender Blitzschutz? Die Anschauungen darüber haben sich in den letzten Jahrzehnten wesentlich geändert. Die hochragenden Blitzableiter mit ihren vergoldeten oder Platinspitzen haben in den Augen der Sachverständigen längst ihren Kurs verloren. Als Werner v. Siemens einst gefragt wurde, warum er seine Villa in der gewitterreichen Gegend von Harzburg nicht durch Blitzableiter geschützt habe, antwortete er lakonisch: Ich werde mich hüten.

Und in der Tat, ein Versuch wird uns zeigen, daß die hochragenden Teile der Gebäude am meisten dem Blitzschlag ausgesetzt sind. Die an der Decke hängende Kugel stellt eine mit Hochspannung geladene Wolke dar, der Metalltisch hier unten, mit einer Blechplatte im Grundwasser des Parkes verbunden, einen Teil der Erdoberfläche. Wir setzen Blechmodelle von hochragenden Türmen mit und ohne Blitzableiter und von niedrigen Gebäuden darauf. Sie sehen, der Blitz wählt ausnahmslos den kürzesten Weg zum Metall und damit zur Erde. (Fig. 8 und 9.)

Ob das Gebäude an seiner höchsten Stelle mit einem Blitzableiter versehen ist oder nicht, bleibt völlig bedeutungslos. Franklin ließ sich bei seiner Erfindung von der Anschauung leiten, daß die Entladung aus Spitzen leichter und allmählicher vor sich geht, wie etwa bei dem St. Elms-Feuer, und darum einen zur Blitzentladung führenden plötz-

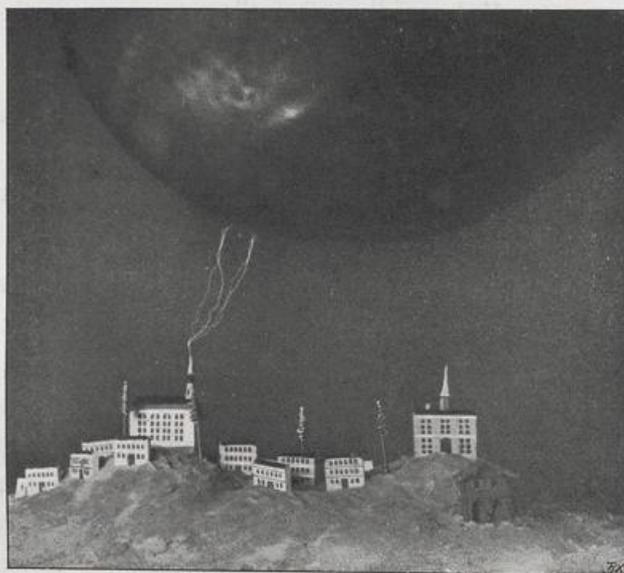


Fig. 8.

lichen Ausgleich verhütet. Gegenüber den gewaltigen Energiemengen einer Wolkenladung spielt die Spitzenwirkung nur eine untergeordnete Rolle. Ein unter übermäßigem Druck stehender Dampfkessel bleibt vor der Explosion nicht bewahrt, wenn auch aus einem feinen Riß vorher etwas Spritzwasser austritt.

Wäre der Blitz nun unter allen Umständen und immer nur ein einmaliger Ausgleich der Ladungen, so würde der

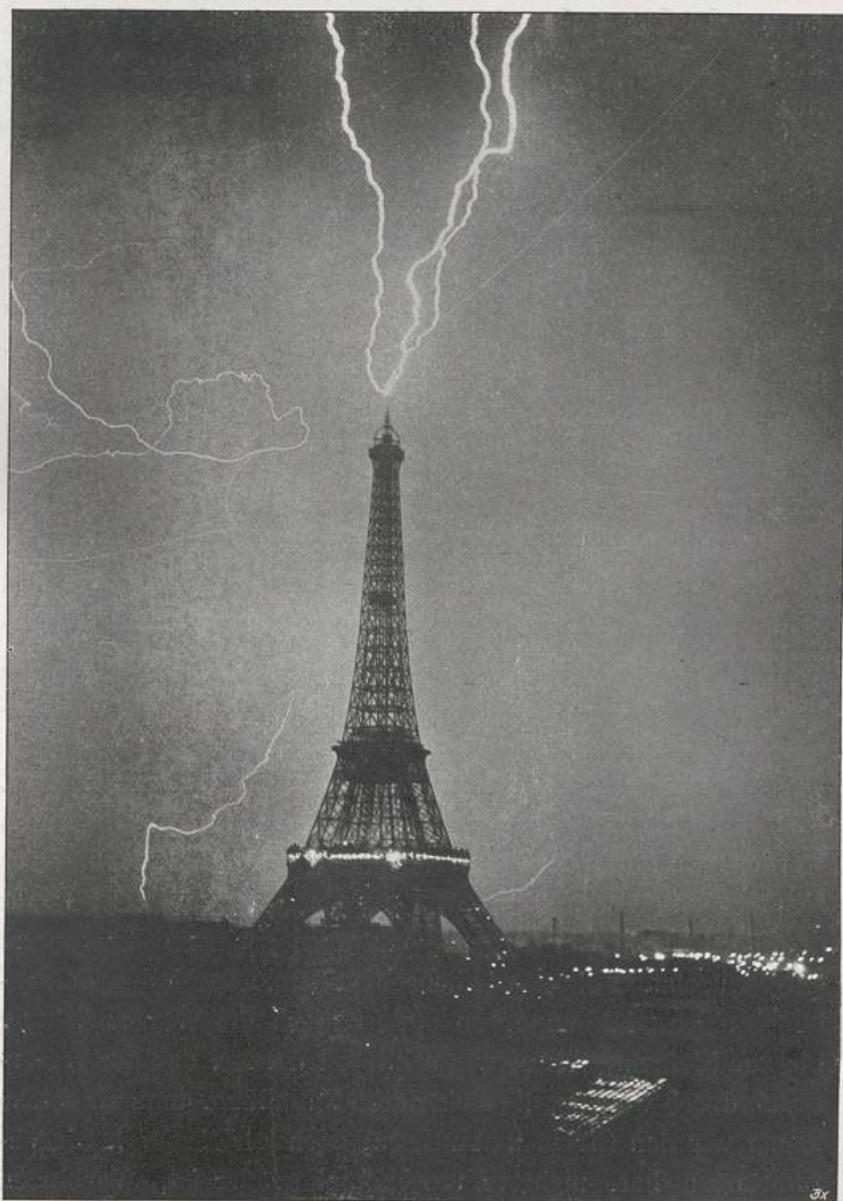


Fig. 9.

Blitzableiter zwar einen häufigeren Blitzschlag verursachen, denselben aber ohne Schädigung des Gebäudes zur Erde führen. Neuere Forschungen haben aber gezeigt, daß die meisten Gewitterblitze ebenso einen oscillierenden Entladungskarakter tragen wie die Funken, mit denen die drahtlose Telegraphie arbeitet. Blitzphotographien mit schnell bewegter Kamera lassen deutlich mehrfache aufeinanderfolgende Entladungen erkennen. Es sind Entladungsströme wechselnder Richtung, die mit ungeheurer Frequenz aufeinanderfolgen, wobei sie in ihrer Stärke allmählich abnehmen. Die Gesetze, welche die gedämpften Wechselströme befolgen, beherrschen somit auch den gewaltigen elektrischen Naturvorgang. Es sind überaus schnelle Pulsationen, um die es sich dabei handelt und die Eigenart ihres Verhaltens ist abweichend von den Gesetzen, welche Ströme gleichbleibender Richtung befolgen. Sie schaffen sich selber Hindernisse und Widerstände auf ihrem Wege, die nicht bloß wie beim Gleichstrom von der Natur der durchlaufenen Bahn, sondern von der Geschwindigkeit ihres Wechsels abhängen. Man nennt sie Selbstinduktions- oder induktive Widerstände.

Aus einigen Experimenten werden wir ihre Natur erkennen. Führen wir einen Gleichstrom durch einen Kupferdraht, so werden wir die Wirkung durch eine geringe Erwärmung des Drahtes verspüren, wir stellen uns dabei vor, daß der Draht dem Durchgang des Stromes nur einen geringen Widerstand entgegengesetzt. Führen wir denselben Strom durch den Kohlenbügel einer Glühlampe, so steigert sich die Wärmewirkung bis zur Lichtentfaltung; wir schließen daraus, daß der Widerstand, durch welchen die elektrische Entladung, denn als solche haben wir den Strom aufzufassen, sich gleichsam hindurchzuzwängen hat, mehrere tausendmal größer ist. Verbinden wir nun die beiden Widerstände mit ihren Endpunkten, indem

wir eine Schleife, eine Verzweigung bilden, und wenden wir an den Verbindungspunkten die gleiche elektrische Spannung an wie vorher, so bleibt der Kohlenfaden völlig dunkel. Der größte Teil des Entladungsstromes wählt den Weg durch den geringeren Widerstand des Kupferdrahtes und nur ein winziger Bruchteil des früheren Stromes zwingt sich durch den größeren Widerstand des Kohlenfadens.

Der Strom bevorzugt also den Weg des geringeren Widerstandes, der einzig und allein von der Natur des Weges, hier aus Kupfer, dort aus Kohle bestehend, bedingt ist. (Fig. 10.)

Nun wollen wir denselben Versuch mit Hochfrequenzstrom anstellen, wir verwenden dabei einen Strom, der viele tausendmal in der Sekunde seine Richtung wechselt. Wir sehen nunmehr die Lampe hell aufleuchten. Der Kupferdraht bietet also jetzt einen größeren induktiven Widerstand dar als der dünne Kohlenfaden. Mit der Steigerung der Frequenz würde der Widerstand noch weiter zunehmen. Ersetzen wir dagegen den Kupferdraht durch ein breites Kupferband, so nimmt das Leuchten des Kohlenfadens ab, ein Beweis dafür, daß für den induktiven Widerstand des Kupfers weniger der metallische Querschnitt, als vielmehr die Oberfläche maßgebend ist. Und in der Tat lehren uns auch zahlreiche andere Erscheinungen, daß die elektrischen Gleichströme zwar den gesamten Quer-

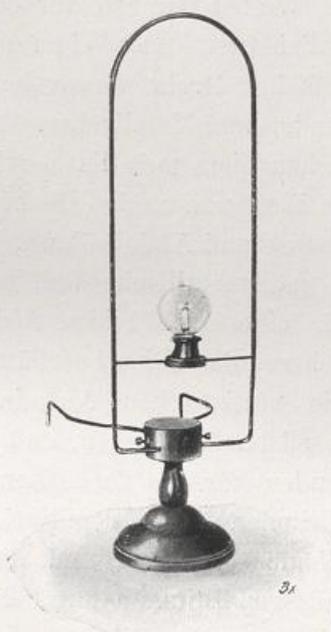


Fig. 10.

schnitt eines Drahtes erfüllen, daß aber die Hochfrequenzentladung lediglich die Oberfläche desselben benutzt und kaum  $\frac{1}{100}$  mm tief in den Querschnitt eindringt. Ein Rohr von dünnster Blechstärke bietet keinen größeren Widerstand als ein massiver Barren von gleichem Material und gleichem Durchmesser.

Wollen wir also für die Blitzableitung eines Hauses einen tunlichst geringen Widerstand schaffen, so dürfen wir keinen einfachen Draht verwenden, sondern möglichst viele breite Bänder und Metallrohre. Am besten benutzt man die bereits vorhandenen metallischen Bekleidungen, die Zinkbedeckungen am First und an den Dachkanten des Giebels, die Dachtraufen, Gossen und Abflußröhren, indem man diese Teile mit einander in gute metallische Verbindung bringt. Hierdurch erzeugen wir eine großflächige Ableitung zur Erde, die tausendmal sicherer das Haus beschützt als der beste übliche Blitzableiter. Die statistischen Aufzeichnungen der Feuerversicherungsgesellschaften zeigen, daß die Blitzgefahr in Deutschland besonders für das flache Land von Jahr zu Jahr zunimmt. Viele Millionen werden dem Nationalvermögen jährlich durch Brandschäden entzogen, und die zwangsweise Auflage von kostspieligen Blitzableitern, die man in einzelnen besonders gefährdeten Gegenden fordert, belastet den kleinen Bauer in ganz ungebührlicher Weise. Darum fort mit allen Blitzableitern, die unter Umständen ein Haus erst recht gefährden. Denn die Fälle sind nicht selten, wo die Blitzableitung einen großen induktiven Widerstand besitzt, den eine Messung mit Gleichstrom gar nicht erkennen läßt, und der Blitz durch Überspringen auf andere Metallmassen oder Leitungen im Hause sich selber einen bequemeren Weg zur Erde sucht.

Lehrreich in dieser Beziehung ist ein Blitzschlag in ein Pulvermagazin bei Spandau, der sich vor einigen Jahren

ereignete. Das Gebäude war mit Blitzableitern versehen und ihr Widerstand durch Messungen mit Gleichstrom alljährlich nach Vorschrift kontrolliert. Der Blitz fuhr in eine Aufhängestange an der Ecke des Gebäudes, verließ dieselbe aber, indem er übersprang auf die gefüllten eisernen Pulverbehälter, die im Hause aufgeschichtet lagen. Er durcheilte die ganze Reihe und fuhr an der gegenüberliegenden Ecke in ein Abflußrohr. Der gefährliche Spaziergang endete völlig harmlos. Um so grauenvoller war die Verheerung durch die Explosion eines Pulvermagazins bei Marseille, die durch einen Blitzschlag verursacht wurde.

Ungefährlich sind dagegen stets Blitzschläge in die großen Gasbehälter der Städte; die aus Eisenblech genieteten schwimmenden Glocken derselben bilden an sich schon die idealste großflächige Ableitung zur Erde. Vor kurzem hatte ich einen Fall zu entscheiden, wo die Aufsichtsbehörde für einen neu erbauten Gasometer mit Nachdruck die Anbringung eines Blitzableiters verlangte. Leider habe ich das ungläubige Kopfschütteln über die Entscheidung der obersten Instanz nicht genießen können. Überaus langsam nur dringt neue Naturerkenntnis in die träge Masse eines großen Verwaltungskörpers, langsamer noch in die breiten Schichten des Volkes. Hier blüht noch heute der krasseste Aberglaube, und nicht bloß in Oberbayern, wo man die Kirchenglocken läutet, um den Blitz zu verjagen — *fulgura frango!*

Doch die zweckmäßigsten Ableitungsvorrichtungen würden für den Blitzschutz versagen, wenn man nicht die ebenso wichtige Erdverbindung nach richtigen Grundsätzen gestaltete. Früher betrachtete man die Erde als eine große leitende Kugel, die an allen Stellen vollkommen gleiche und konstante elektrische Spannung besitzt, an der Oberfläche umkleidet mit weniger gut leitenden Massen. Drang man

bis in die leitenden Schichten vor, so glaubte man dort eine völlig gleichartig unter Spannung stehende Schale zu finden, von so ungeheurer zusammenhängender Oberfläche, daß die dort angehäuften Elektrizitätsmenge ihre Spannung nicht ändern könnte, wenn ein weiterer Zugang von außen dazutrat oder etwas nach der Atmosphäre hin abfloß.

Die Gesetze der schwingenden Elektrizität, welche man seitdem kennen gelernt hat, treffen nicht bloß auf leitende Drähte, sondern ebenso auch auf große leitende Oberflächen zu. Eine an irgend einer Stelle zugeführte Elektrizitätsmenge breitet sich auch auf diesen mit allen Kennzeichen der Wellenbewegung aus, so daß wir in den leitenden Schichten der Erde ähnliche Spannungswellen voraussetzen dürfen wie auf einer sturmgepeitschten Meeresfläche. Die Schichten von geringerer Leitfähigkeit, welche sie bedecken, vermehren nur noch die gewaltigen Spannungsschwankungen.

Die Ladung, welche ein einschlagender Blitz der Erde zuführt, wird nun um so leichter aufgenommen und verschwindet um so unschädlicher, je größere Aufnahmefähigkeit oder Kapazität an der Einschlagstelle in Form von gut leitenden Massen in der Erde vorhanden ist. Auf den Grundwasserspiegel allein darf man sich hier nicht verlassen, derselbe ist starken Schwankungen unterworfen und nicht immer mit Sicherheit zu erreichen. Auch die Einbettung von quadratmetergroßen Metallplatten in feuchtes Erdreich bietet gegenüber den durch den Blitz zugeführten gewaltigen elektrischen Ladungen kein hinreichendes Schutzmittel, wie zahlreiche Blitzschläge gelehrt haben.

Erst das Studium der bei der abgestimmten Funkentelegraphie maßgebenden Verhältnisse hat den Elektrotechniker auf zuverlässigere Bahnen geführt. Die sichere Zeichengebung hängt von der Innehaltung genau bemessener

Wellenlängen und der unverrückbaren Lage ihrer Knotenpunkte ab. Nur eine Stelle von großer elektrischer Kapazität kann den Knotenpunkt dauernd innehalten. Ideale Verhältnisse bietet in dieser Beziehung das gutleitende Salzwasser des Meeres, unterstützt durch die gewaltigen eisernen Massen der Schiffskörper. Bei der Marine hat deshalb auch die abgestimmte Funkentelegraphie ihre frühesten und nachhaltigsten Triumphe gefeiert, dort hat sie den Nachweis ihrer sicheren Wirksamkeit erbracht.

Schwieriger war die Lösung bei den Landstationen. Erst als man dazu überging, große Metallmassen in Form von radial ausstrahlenden Drähten in den Erdboden zu verlegen und mit den hochgeführten Sende- und Auffangedrähten zu verbinden, hat man zufriedenstellende Resultate erzielt. Bei der großen Telefunkenstation in Nauen dienen zur Ausbildung sicherer Knotenpunkte 54 km Draht, der in 324 ausstrahlenden Furchen von 200 m Länge 25 cm tief in den Erdboden versenkt ist. Die elektrischen Energiemengen, die bei dieser Station in Form von künstlichen Funkenentladungen zur Anwendung kommen, nähern sich schon den Verhältnissen wirklicher Blitzschläge. Man kann nur sagen, daß eine Blitzableitung einen um so größeren Schutz gewährt, je mehr ihre Erdverbindung sich einem idealen Knotenpunkte für oscillierende Ladung nähert. Die Funkentelegraphentechnik hat Meßinstrumente ausgebildet, um diese Eigenschaft mit untrüglicher Sicherheit zu kontrollieren.

Einen Jahrzehnte langen erbitterten Kampf haben die Elektrotechniker mit den Stadtverwaltungen geführt, weil diese den Anschluß der Gebäudeblitzableiter an die vorhandenen Gas- und Wasserleitungen nicht zuließen. Man bestand mit Hartnäckigkeit auf der Anordnung unzuverlässiger besonderer Erdplatten, während das ausgedehnte unterirdische

Metallnetz der städtischen Leitungen dem gegenüber einen absolut sicheren Schutz verhiel. Heut ist der Widerstand gebrochen, in einigen Städten wird jetzt sogar der Anschluß an die Wasserleitung von der städtischen Behörde gefordert. Feinde des Fortschritts sind heut nur noch die Fabrikanten von Blitzableitern, welche nach „alten bewährten“ Rezepten ihre kostspieligen Konstruktionen anpreisen und in weiten Kreisen als die eigentlichen Sachverständigen angesehen werden.

Hoffentlich ist die Zeit nicht fern, wo die hochragenden Auffangstangen von unseren Gebäuden verschwinden und der Baumeister allein durch zweckmäßige Ausbildung und Verbindung der Metallteile an Dächern und Fassaden einen unauffälligen Metallkäfig gestaltet, in dessen Schutz das Gebäude und seine Bewohner sicherer vor Blitzschaden bewahrt sind als „Dorchläuchting“ vermeintlich in seinem Glaskäfig nach den mißverstandenen Belehrungen seines „Konrektors“.

