

verwandelt sich durch einen organischen Bildungsprocess in Eiterkörperchen, während das Blutserum unverändert bleibt und das Eiterserum bildet. Der frische Eiter reagirt anfangs alkalisch, wie das Blutserum, später wird er neutral, zuletzt sauer, wahrscheinlich durch Bildung von Milchsäure.

Man hat sich vielfach bemüht, Mittel aufzufinden, um den Eiter vom Schleim unterscheiden zu können. Dadurch entstanden die sogenannten Eiterproben. Die meisten derselben sind chemischer Art; wir wollen sie deshalb hier kurz anführen. Bei der Eiterprobe von Grasmeyer wird der Eiter mit etwa 12 Thln. Wasser verdünnt, innig gemischt und dann ebensoviel als die Quantität des Eiters beträgt, zerflossenes kohlenensaures Kali (*Oleum tartari per deliq.*) zugesetzt. Nach einiger Zeit wird das Gemenge zu einer Gallerte, welche sich wie concentrirte Albuminlösung in lange dicke Fäden ziehen lässt. Schleim zeigt diese Wirkung nicht. Die Wirkung dieses Verfahrens beruht darauf, dass das kohlenensaure Kali die Eiterkörperchen zu einer dicken schleimigen Flüssigkeit auflöst. Ganz ähnlich ist die Eiterprobe von Donné, der statt des kohlenensauren Kalis kaustisches Ammoniak anwendet. Die Wirkung ist dieselbe. Nach Hünefeld soll man die zu prüfende Flüssigkeit mit einer Auflösung von Salmiak in Wasser kochen: eiterfreier Schleim bleibt dabei unverändert, während sich bei Anwesenheit von Eiter die Flüssigkeit trübt und coagulirt. Dieser Erfolg beruht auf Anwesenheit von flüssigem Albumin im Eiterserum, welches im Schleime fehlt. Doch ist nicht wohl klar, was der Zusatz von Salmiak nützen soll, dieselbe Wirkung erfolgt auch ohne Salmiakzusatz. Güterhock schlägt vor, etwas von der zu prüfenden Flüssigkeit in der Oese eines Platindrahtes zu verbrennen. Der Eiter wegen seines Fettgehaltes brennt mit heller glänzender Flamme, Schleim dagegen brennt nur schwer.

Alle diese Eiterproben haben indessen keine große praktische Wichtigkeit. Die sicherste Eiterprobe liefert das Mikroskop, unter dem man die Eiterkörperchen sehr leicht an ihrer Form und dem eigenthümlichen Verhalten gegen Essigsäure erkennt, während der Schleim eine fadenziehende, durch Essigsäure coagulirbare Flüssigkeit bildet, die keine Eiterkörperchen, statt derselben aber viel größere Epithelialzellen enthält.

Der schlechte Eiter (Jauche) unterscheidet sich von dem gutartigen hauptsächlich durch den Mangel der Eiterkörperchen oder eine unvollkommene Ausbildung derselben; er besteht fast nur aus Serum, das aber häufig aufgelöstes Blutroth enthält und dann eine blutrothe Farbe zeigt. Bei Brand ist er braunroth und entwickelt Schwefelammonium.

V7.

Eiweifs und Eiweifsstoff s. Albumin, Art. Blut. Thl. I. S. 873.

Eläolith (Nephelin) Ein zu den Silicaten gehöriges Mineral, dessen Zusammensetzung am genauesten durch die Formel  $2 \text{NaO} \cdot 2 \text{K}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_3 + 2 (\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_3)$  ausgedrückt wird. Aufser den angeführten Bestandtheilen enthält es noch geringe Mengen von Eisenoxyd und Kalkerde, und zuweilen Spuren von Salz- und Schwefelsäure. Der unbedeutende Wassergehalt des Minerals ist nicht constant. Die Krystallform des Eläoliths ist eine hexagonale Säule mit basischer End-

fläche, zu denen meist noch eine hexagonale Pyramide hinzutritt. Der Habitus der Krystalle hat zuweilen große Ähnlichkeit mit dem von Apatitkrystallen. Spaltbarkeit: besonders basisch. Bruch: mehr oder weniger muschlig. Härte: zwischen Apatit und Feldspath, fast so hart wie der letztere. Spec. Gew.: 2,60. Glanz: auf Bruch- und Spaltungsflächen fettartig, sonst glasglänzend. Theils ist der Eläolith durchsichtig und farblos, theils mehr oder weniger undurchsichtig und gefärbt. Diese Färbung scheint jedoch von keinem Metalloxyde herzurühren; es hat fast das Aussehen, als wenn dieselbe von einem organischen Stoffe bewirkt würde. Zersetzt man nämlich den braunen oder grünen norwegischen Eläolith mit Salzsäure, so hat die abgeschiedene Kieselerde dieselbe Farbe wie zuvor der Eläolith, nur in einem schwächeren Grade. Man kann diese gefärbte Kieselerde mit der überschüssigen Salzsäure sogar zur Trockniss eindampfen, ohne dass dieselbe dadurch ihre Farbe verliert, welche besonders hervortritt, wenn die Kieselerde wieder befeuchtet wird. Durch Glühen aber oder Behandlung mit Salpetersäure, besonders rauchender, wird die Farbe zerstört. — Der Eläolith kommt an mehreren Orten in großer Häufigkeit vor; so z. B. im Ilmengebirge in Russland. Der größte Theil dieses Gebirges besteht, nach G. Rose, aus einer Gebirgsart, welche weißen Feldspath, schwarzen, einaxigen Glimmer und Nephelin als Gemengtheile enthält, und in dem Zircon, Pyrochlor u. s. w. als seltener Bestandtheile auftreten. Die Gebirgsart, von G. Rose Miascit (nach dem Flusse Mias) benannt, hat auf diese Weise große Aehnlichkeit mit dem eläolithführenden Zirconsyenite von Fredriksvärn, Laurvig, Brevig und anderen Orten in Norwegen. Ein anderer Fundort des Eläoliths ist im Odenwalde (Katzenbuckel), wo derselbe als Gemengtheil eines Dolerites auftritt. Als möglicherweise vulkanisches Product findet er sich an mehreren Orten Italiens, besonders am Vesuv in dolomitischen Kalkblöcken, welche frühere Auswürflinge des Kraters zu seyn scheinen. Hier ist er meist schön krystallisirt und ungefärbt (dies ist der eigentliche, früher vom Eläolith für verschieden angesehenen Nephelin). Die Krystalle sitzen in Spalten und Drusenräumen, und sehen aus wie ein Sublimationsproduct. An allen genannten Orten des Vorkommens wird der Eläolith von keiner freien Kieselerde, nämlich von keinem Quarze begleitet. Dies ist auch nothwendig, wenn unsere Meinung von dem einstmaligen flüssigen oder breiartigen Zustande der krystallinischen Gebirgsarten nicht unhaltbar werden soll. Man kann nämlich den Eläolith als einen Feldspath (Albit) betrachten, welcher nur  $\frac{3}{8}$  von der den Feldspathen zukommenden Kieselerde enthält. Wäre mehr Kieselerde vorhanden gewesen, so könnte bei jenem Aggregatzustande, der es den sauren und basischen Bestandtheilen der krystallinischen Gebirgsarten leicht machen musste, auf einander zu wirken, kein Eläolith, sondern es müsste ein Feldspath entstanden seyn. Ein Stück Eläolith mit einem eingewachsenen oder auch nur berührenden Quarzkorne wäre also hiernach eine Ungereimtheit. Sobald ein solches aufgefunden würde, hätten die Chemiker ein schwieriges Räthsel zu lösen. Eine Möglichkeit dazu wäre vielleicht vorhanden. Auf Dragerö bei Helsingfors in Finnland soll nämlich Eläolith verwachsen mit Glimmer, Turmalin und Quarz vorkommen.

Th. S.

**Elaeopten.** Die meisten flüchtigen Oele sind Gemenge aus mehreren, deren Erstarrungspunkte häufig sehr verschieden sind. Die

selbst bei niedriger Temperatur flüssig bleibenden und dadurch von den erstarrten, dem Stearopten, durch Pressen oder Abgießen trennbaren Gemengtheile werden Elaeopten genannt, von *πτηρον*, flüchtig, und *λαιον*, Oel, analog den bei den fetten Oelen gebräuchlichen Benennungen.

V.

Elaën, von Fremy entdeckt. Es entsteht bei der Destillation der Metolein- und Hydroleinsäure zugleich mit Oleen und einem dritten ölartigen, empyreumatischen Oele. Bei der Destillation des Gemenges bei 130° gehen die beiden ersten Substanzen über, während die dritte zurückbleibt. Aus dem Destillat wird bei 55° das meiste Oleen verflüchtigt, der Rückstand dann einige Zeit bis zu 100° erwärmt gehalten und zuletzt durch Rectifikation über Kalihydrat das Elaen rein erhalten.

Es ist eine farblose, ölartige, bei 110° siedende, schwach knoblauchartig, durchdringend riechende, in Wasser unlösliche, mit Alkohol und Aether mischbare Flüssigkeit, die in 100 Thln. 85,95 Kohlenstoff und 14,05 Wasserstoff enthält; das specifische Gewicht ihres Dampfes ist 4,488; sie brennt mit weißer leuchtender Flamme, wird durch Schwefelsäure nicht verändert, verbindet sich mit Chlor unter Salzsäureentwicklung zu einer öligen, schweren, angenehm riechenden Flüssigkeit, die in 100 Thln. 55,64 Kohlenstoff, 9,04 Wasserstoff und 35,32 Chlor enthält.

V.

Elaidin entsteht bei der Einwirkung salpetriger Säure auf das Olein der fetten nicht trocknenden Oele. Poutet fand zuerst, dass flüssige fette Körper, wie Olivenöl, bei der Berührung mit kaltherbeiteter Auflösung von Quecksilber in Salpetersäure fest werden, und eine wachsartige Consistenz erlangen. Boudet,<sup>1)</sup> der darauf diese Erscheinung näher untersuchte, zeigte, dass weder der Salpetersäure noch dem Quecksilber hierbei eine Wirkung zugeschrieben werden dürfe, sondern dass es die in der Lösung enthaltene salpetrige Säure sey, welche die Veränderung des Oleins der fetten nicht trocknenden Substanzen bewirke, ohne jedoch selbst damit eine Verbindung einzugehen. Man erhält das Elaidin nach demselben, wenn man reines Olivenöl mit salpetersaurem Quecksilberoxyd, welches salpetrige Säure enthält (denn hiervon ganz freies solidificirt die Oele nicht), einige Zeit in der Wärme behandelt, von der erstarrten Masse durch Pressen soviel als möglich das noch flüssige entfernt, und eine gelbe färbende, ölige Substanz aus dem Rückstande durch Behandeln mit Alkohol und Pressen auszieht. Nach Meyer<sup>2)</sup> erhält man dieselbe Substanz noch schneller und leichter, wenn man die aus Stärkemehl mit Salpetersäure entwickelte salpetrige Säure kurze Zeit durch Olivenöl leitet, und sich dabei vor Anwendung einer zu großen Menge der Säure hütet, weil diese sonst die Bildung einer zu großen Menge der färbenden Substanz veranlasst, Elaidinsäure und Glyceryloxyd weiter verändert und dadurch das Erstarren des Oeles verhindert. Die erkaltete Masse wird ausgepresst, in erwärmtem Aether gelöst, aus dem beim Erkalten das Elaidin sich als eine weiße krystallinische Masse zum Theil ausscheidet. Es ist in Aether sehr leicht, in Alkohol nur äußerst wenig, in Wasser ganz unlöslich, schmilzt bei 32°, bei der Destillation liefert es

<sup>1)</sup> Annal. d. Pharm. Bd. IV. 1, u. Journ. de Pharm. Bd. XVIII. 469.

<sup>2)</sup> Annal. d. Chem. u. Pharm. Bd. XXXV. 2.

Acrolein, Elaidinsäure, Kohlenwasserstoffe und Fettsäure. (Ob diese letztgenannte Säure wirklich gebildet wird, ist nicht mit Sicherheit bekannt.) Nach Analysen von Meyer enthält das nach den angegebenen Methoden dargestellte Elaidin in 100 Thln. 78,4 Kohlenstoff, 12,0 Wasserstoff und 9,6 Sauerstoff. Eine Formel kann aber hiernach für diese Substanz nicht berechnet werden, da sie als ein Gemisch von elaidinsaurem Glyceryloxyd mit oel- (?) und margarinsaurem in unbestimmtem Verhältniss betrachtet werden muss, aus welchem das Margarin nicht entfernt werden kann. Mit Alkalien gekocht verseift es sich leicht unter Abscheidung von Glyceryloxyd und Bildung von elaidinsaurem, ölsaurem und margarinsaurem Alkali, die aber eben so wenig, wie die Säuren selbst durch Krystallisation getrennt werden können.

Die geringe Menge der salpetrigen Säure, welche nöthig ist, um das Festwerden der Oele zu bewirken, so wie die Unkenntniß über den sich bildenden gelben, flüssigen Körper erlauben nicht, eine bestimmte Ansicht über die Bildungsweise des Elaidins auszusprechen.

*Unguent. oxygenatum* und *Unguent. citrinum* der Pharmakopöen ist nichts Anderes als unreines Elaidin. V.

**Elaidinsäure.** Ueber ihre Entstehung und Entdeckung siehe Elaidin; von Meyer zuerst rein dargestellt durch Behandlung reiner Oelsäure mit salpetriger Säure. Formel der krystallisirten Säure:  $C_{72}H_{132}O_5 + 2 aq.$

Zusammensetzung der wasserfreien (Meyer).

|                          |         | In 100 Thln. |        |
|--------------------------|---------|--------------|--------|
| 72 At. Kohlenstoff       | 5461,49 | ..           | 80,49  |
| 132 At. Wasserstoff      | 823,65  | ..           | 12,14  |
| 5 At. Sauerstoff         | 500,00  | ..           | 7,37   |
| <hr/>                    |         |              |        |
| 1 At. wasserfr. Säure    | 6785,14 | ..           | 100,00 |
| 2 At. Wasser             | 224,96  | ..           | 3,21   |
| <hr/>                    |         |              |        |
| 1 At. Elaidinsäurehydrat | 7010,10 | ..           | 100,00 |

Die reine Elaidinsäure erhält man durch Behandlung reiner Oelsäure von fetten, nicht trocknenden Oelen mit salpetriger Säure, die man etwa während 5 Minuten in einem raschen Strome hindurchleitet, wodurch die Oelsäure nur wenig dunkler gefärbt wird; durch Abkühlung erstarrt die ganze Masse im Verlauf einer halben Stunde zu einer grofs krystallinischen gelblichen Substanz, die man mit kochendem Wasser vollständig von anhängender Salpetersäure reinigt, in einer ihr gleichgrofsen Menge heifsem Alkohol löst und krystallisiren lässt. Sie scheidet sich in weifsen, perlmutterglänzenden, tafelförmigen Krystallen aus der röthlichgelben Mutterlauge ab, die bei weiterem Abdampfen noch Krystalle liefert; zuletzt bleibt eine rothe ölartige Substanz übrig, die sich in wässrigen Alkalien mit blutrother Farbe löst, ohne jedoch einen Seifenleim zu bilden. Beim Uebersättigen mit Salz- und Schwefelsäure wird diese Substanz unverändert abgeschieden. Durch nochmaliges Umkrystallisiren aus erwärmtem Alkohol, worin die Elaidinsäure äufserst leicht, noch leichter als in Aether, löslich ist, wird sie vollkommen rein erhalten in prächtigen, Benzoesäure ähnlichen Krystallen, die bei  $44^{\circ}$ — $45^{\circ}$  schmelzen und beim Erkalten zu einer krystallinischen Masse erstarren. In Wasser ist sie unlöslich. Ihre Auflösungen reagiren stark sauer; das krystallisirte Hydrat verliert beim Schmelzen mit Bleioxyd 2,56 Proc. Wasser; der trocknen

Destillation unterworfen destillirt ein großer Theil unzersetzt über, während ein anderer sich zersetzt und Kohlenwasserstoff liefert. Wasser, womit man das Destillat auskocht, liefert beim Erkalten keine Krystalle von Fettsäure, trübt aber die Lösungen von Blei und Quecksilbersalzen. Sie zersetzt die kohlen-sauren Alkalien und bildet damit einen sehr zähen durchsichtigen farblosen Seifenleim. Mit Kalihydrat in der Temperatur, wo dieses schmilzt, in Berührung gebracht, entsteht daraus Olidinsäure unter gleichzeitiger Bildung von Essigsäure und Entwicklung von Wasserstoff<sup>1)</sup>. Laurent's Analysen der Elaidinsäure, sowie seine Ansicht über ihre Bildung<sup>2)</sup> können nicht weiter beachtet werden, da er seine Säure aus destillirter Oelsäure darstellte, die (s. dort) wenig unzersetzte Oelsäure, dagegen viel Margarinsäure und kohlenwasserstoffhaltige Producte enthalten musste, die nicht ganz davon getrennt werden können.

V.

**Elaidinsäure Salze.** Das Elaidinsäurehydrat zersetzt die kohlen-sauren Alkalien und bildet mit ihren Basen Salze, die sich in 6—8 Thln. Wasser zu einem klaren, farblosen, sehr dicken Seifenleim auflösen, nach dem Verdampfen zur Trockne leicht von Alkohol gelöst werden und daraus schön krystallisirt erhalten werden.

**Elaidinsäures Aethoxyd.**  $\bar{E}$ ,  $\text{AeO} + \text{aq}$ . wird erhalten, wenn man in die Auflösung der reinen Säure in Alkohol so lange salz-saures Gas leitet, bis der gebildete Aether sich abscheidet. Durch Waschen mit Wasser entfernt man die überschüssige Salzsäure, hierauf durch Schütteln mit schwachem Weingeist die etwa noch beigemengte Elaidinsäure, zuletzt durch Schütteln mit warmen Wasser den anhängenden Weingeist und trocknet ihn unter der Luftpumpe. Auf diese Weise erhält man eine öl-artige, farblose, in der Kälte geruchlose, in gewöhnlichem Weingeist kaum, in Wasser unlösliche, in Aether und absolutem Alkohol aber lösliche Flüssigkeit, die leichter als Wasser aber schwerer als Weingeist ist, und nicht, ohne sich zu zersetzen, destillirt werden kann; er enthält in 100 Theilen 78,42 Kohlenstoff, 12,13 Wasserstoff, 9,45 Sauerstoff (Meyer).

**Elaidinsäurer Baryt.**  $\bar{E}$ ,  $2\text{Ba O}$ , wird erhalten durch Zerlegung des reinen elaidinsäuren Natrons mit Chlorbarium als weißer voluminöser Niederschlag der im feuchten Zustande in Wasser, Alkohol und Aether nicht unlöslich ist, nach dem Trocknen aber sehr wenig davon gelöst wird. In 100 Theilen enthält das Salz 21,895 Thle. Baryt.

**Elaidinsäures Bleioxyd.**  $\bar{E}$ ,  $2\text{Pb O}$ , erhält man auf ähnliche Weise durch Fällung des Natronsalzes mit essigsäurem Bleioxyd, dem man einige Tropfen Essigsäure zur Vermeidung der Bildung von basischem Salz zugesetzt hat, als voluminösen weißen Niederschlag, der 29,003 Proc. Bleioxyd enthält.

**Elaidinsäures Glyceryloxyd,** s. Elaidin.

**Elaidinsäures Natron.**  $\bar{E}$ ,  $2\text{Na O}$  wird erhalten durch Kochen der reinen Säure mit kohlen-saurem Natron, Abpressen der Flüssigkeit nach dem Gestehen der Seife beim Erkalten und Lösen des Rückstandes in heißem Alkohol, woraus das neutrale Salz beim Erkalten in sehr schönen, glänzenden Krystallen anschießt. Auch in Aether ist die-

<sup>1)</sup> Meyer in den Ann. d. Chem. u. Pharm. XXXVI 2 u. 209.

<sup>2)</sup> Annales de Chim. et de Phys. LXV. 149 u. 294, u. Ann. d. Pharm. XXVIII, 253.

ses Salz löslich, und in der Wärme wird es von vielem Wasser zu einer klaren Flüssigkeit gelöst; beim Erkalten trübt sich diese, es scheidet sich ein saures Salz in kleinen, säulenförmigen Krystallen ab, während die darüber stehende Flüssigkeit alkalisch reagirt. Das neutrale Salz enthält 10,277 Proc. Natron.

Elaidinsaures Silberoxyd.  $\bar{E}$ ,  $2AgO$ , entsteht durch Versetzen der alkoholischen Lösung des vorhergehenden Salzes mit neutralem salpetersauren Silberoxyd. Der weiße voluminöse Niederschlag ist nicht sehr schwerlöslich in Wasser, Alkohol und Aether, so lange er feucht ist, einmal getrocknet nehmen diese Flüssigkeiten nur wenig davon auf; wässriges Ammoniak löst ihn beim Erwärmen leicht, beim Erkalten scheidet sich der größte Theil des Salzes in kleinen, säulenförmigen, weißen Krystallen wieder aus. Es enthält in 100 Theilen 56,559 Kohlenstoff, 8,465 Wasserstoff, 5,138 Sauerstoff und 29,838 Silberoxyd = 27,78 Silber <sup>1)</sup>.

V.

Elain, Elainsäure s. Olein und Oelsäure.

Elasticität, Spann-, Spring-, Schnell- oder Federkraft (lat. *Elasticitas*, *Elater*, franz. *Elasticité*, engl. *Elasticity*) nennt man die Eigenschaft der Körper, vermöge welcher ihre Theilchen, wenn sie durch äußere mechanische Kräfte aus ihrer ursprünglichen oder natürlichen Lage in eine andere versetzt worden sind, nach Aufhebung dieser Kräfte in die erstere Lage zurückzukehren suchen. Diese Eigenschaft findet sich bei allen Formen von Körpern, bei den gasigen, den flüssigen und den starren, nur ist die Aeußerungsweise nicht dieselbe. Bei den Gasen und Flüssigkeiten ist die Elasticität eine einseitige, äußert sich nur gegen Kräfte, welche den Abstand der Theilchen zu verringern oder das Volum dieser Körper zu verkleinern trachten, indem die Gase schon von Natur ein nur durch äußere Kräfte beschränkt werdendes Streben zur Ausbreitung besitzen, ohne solche Kräfte weder ein bestimmtes Volum noch eine bestimmte Gestalt annehmen, und andererseits die Flüssigkeiten zwar nicht einer äußeren Kraft zur Annahme eines bestimmten Volums bedürfen, aber auch keinen oder einen so geringen Zusammenhalt besitzen, dass ihre Theilchen sogleich von einander abtrennen, sowie äußere Kräfte das natürliche Volum vergrößern wollen. Bei den Gasen und Flüssigkeiten zeigt sich demnach die Elasticität nur unter der Form von Zusammendrückbarkeit (*Compressibilität*) und der Fähigkeit, nach Aufhebung des Druckes oder nach Verringerung desselben auf seine anfängliche Größe das ursprüngliche Volum wieder anzunehmen. Nur die ersteren Körper sind vermöge ihrer Cohäsion mit Elasticität im doppelten Sinne begabt, widerstreben sowohl Vergrößerungen als Verringerungen, sowie überhaupt Verschiebungen ihrer Theilchen, und suchen dieselben nach Fortnahme der äußeren Kräfte wieder in ihre ursprüngliche Lage zu versetzen. Bei den Gasen und Flüssigkeiten sind demnach die Elasticitäts-Erscheinungen am einfachsten.

#### 1. Elasticität der Gase.

Die gasigen Körper sind, bei gleicher Temperatur und entfernt von ihrem Condensationspunkte, alle im gleichen Grade elastisch, folgen

<sup>1)</sup> Meyer in den *Annal. d. Chem. u. Pharm.* XXXVI, 12.

sämmtlich dem Mariotte'schen Gesetz, demgemäfs die Volume einer und derselben Masse sich umgekehrt wie die zusammendrückenden Kräfte verhalten. Eine Abweichung davon hat man mit Sicherheit erst bei Annäherung an den Punkt der Flüssigwerdung bemerkt, namentlich bei dem schwefligsauren Gase, und wahrscheinlich ist diese Abweichung sowohl in ihrem Beginne als ihrem Verlaufe verschieden nach der Natur der Gase. Nur bis diesen Punkt wächst die Reaction des Gases gegen die Zusammendrückung; von da ab und unterhalb desselben ist sie, bei gleichbleibender Temperatur, constant, und eine Verstärkung des Druckes hat keinen weitem Erfolg, als dass sie einen gröfsern Theil des Gases oder Dampfes in den flüssigen Zustand versetzt. Diese Grenze der Reaction ist es, was man bei den Dämpfen das Maximum ihrer Spannung oder Spannkraft für eine gegebene Temperatur nennt (s. Dampf).

## 2. Elasticität der Flüssigkeiten.

Bei den Flüssigkeiten findet kein so allgemeines Gesetz Statt; es muss für jede derselben die Elasticität besonders ermittelt werden und dies geschieht am einfachsten dadurch, dass man sie der Zusammendrückung unterwirft. Man spricht deshalb auch in der Regel nur von der Zusammendrückbarkeit der Flüssigkeiten, ohne der Elasticität derselben besonders zu gedenken, aber mit Unrecht, denn die erstere involvirt nicht nothwendig die letztere. Es wäre denkbar, dass die Flüssigkeiten zusammendrückbar wären, ohne elastisch zu seyn; aber Elasticität können sie nicht besitzen, ohne nicht auch Zusammendrückbarkeit zu zeigen. Und Elasticität besitzen die Flüssigkeiten in der That, denn wenn die Kraft, durch welche die Zusammendrückung bewirkt worden, fortgenommen wird, nehmen sie ihr ursprüngliches Volum sogleich und vollständig wieder an. Auch geht ihre Elasticität daraus hervor, dass sie, wie die gasigen und die starren Körper, den Schall fortpflanzen, was nicht geschehen könnte, wenn sie blofs zusammendrückbar wären.

Der Grad der Zusammendrückbarkeit einer Flüssigkeit unter einem bestimmten Drucke ist, wenn deren Elasticität schon als erwiesen angesehen werden kann, das einfachste Maafs für dieselbe, und daher hat man sich in neuerer Zeit mehrfach bemüht, denselben bei verschiedenen Körpern dieser Art genau festzusetzen. Die Flüssigkeiten besitzen insgesamt nur eine sehr geringe Zusammendrückbarkeit, und es sind deshalb, um sie erkennbar, und noch mehr, um sie von den Volumveränderungen der Gefäfsse, in welchen man sie studiren will, unabhängig zu machen, schon feinere Vorrichtungen nöthig.

Aus diesem Grunde sind die Versuche von Lord Baco und den Florentiner Physikern im 17. Jahrhundert, welche die Flüssigkeiten in verschlossenen Metallgefäfsen durch Hämmern zusammendrücken wollten, ohne alles Resultat geblieben, zumal ein solches bei diesem Verfahren nur dann zum Vorschein hätte kommen können, wenn die Flüssigkeiten compressibel und unelastisch zugleich wären.

Erst der englische Physiker John Canton schlug im Jahre 1761 den rechten Weg ein, indem er Flüssigkeiten in offenen, thermometerartigen Gefäfsen, unter die Campana einer Compressionspumpe brachte und durch Einpumpen von Luft unter einen grofsen Druck versetzte. Hierbei war der Druck auf die zu untersuchende Flüssigkeit nicht nur ein anhaltender, sondern er war auch auf das Gefäfs, welches die Flüssigkeit

sigkeit enthielt, innen und außen gleich, so dass dieses vor denjenigen Volumsänderungen geschützt blieb, denen es bei einem einseitigen Drucke nothwendig in einem beträchtlichen Grade unterliegt.

Canton's Versuche haben wohl den numerischen Werth der Zusammendrückbarkeit für die untersuchten Flüssigkeiten nicht genau ermittelt, aber das Daseyn der Zusammendrückbarkeit solcher Körper überhaupt haben sie ohne Widerrede festgestellt, so dass es einigermaßen zu verwundern ist, dass sie entweder nicht beachtet oder mit Misstrauen behandelt wurden.

Erst Perkins und besonders Oersted brachten in neuerer Zeit diese Thatsache zu allgemeiner Anerkennung. Ersterer hatte sein Augenmerk mehr auf die Wirkungen eines starken Druckes gerichtet. Letzterer mehr auf die numerische Bestimmung der Resultate eines mäßigen Druckes. Beide schlossen das offene thermometerartige Gefäß, welches die zu untersuchende Flüssigkeit enthielt, in ein größeres ein, füllten dasselbe mit Wasser, und setzten es in diesem mittelst einer Compressionspumpe einem mehr oder weniger großen Drucke aus. Das Perkins'sche Instrument ist von Metall und man kann, erst nachdem es aus einander genommen ist, die Wirkung des Druckes an einem Index beobachten<sup>1)</sup>; das Oersted'sche dagegen ist von Glas und erlaubt demnach den ganzen Verlauf eines Versuchs mit Leichtigkeit zu überblicken<sup>2)</sup>. Es enthält neben der zu comprimirenden Flüssigkeit, die in der Röhre ihres Gefäßes durch eine kurze Quecksilbersäule von dem Wasser des größern Gefäßes getrennt ist, eine mit Luft gefüllte und unten durch Quecksilber gesperrte Röhre, als Manometer zur Messung des Drucks, und ein Thermometer zur Messung der Temperatur. Der äußere Glascylinder ist oben durch eine abschraubbare Metallfassung geschlossen, welche die Compressionspumpe enthält. An dem ursprünglichen Oersted'schen Instrumente besteht diese Pumpe aus einem kurzen etwas weiten Stiefel, in welchem der Kolben durch eine Schraube niedergedrückt wird, ohne während der Compression wieder gehoben zu werden, daher auch kein Ventil oder Hahn angebracht ist; an späteren Abänderungen des Instruments hat man diese Vorrichtung durch eine kleine Hand-Compressionspumpe von geringem Durchmesser ersetzt und diese seitwärts mit einem trichterförmigen Rohre versehen, aus welchem Wasser dem Cylinder zugeführt wird, in dem Maafse, als darin die Compression vorschreitet.

Mit ähnlichem, nur für größern Druck eingerichtetem Apparate haben später Colladon und Sturm eine umfassendere Untersuchung über die Zusammendrückbarkeit verschiedener Flüssigkeiten angestellt<sup>3)</sup>. Es ist dabei auch Rücksicht genommen auf die kleine Volumsverringering, welche das die Flüssigkeit enthaltende Glasgefäß erleidet, selbst wenn der Druck auf dasselbe innen und außen gleich ist, indem das Volum seiner Masse durch einen allseitigen Druck ebenso verringert wird, wie durch eine Temperaturerniedering; um die deshalb an allen Versuchen nöthige Berichtigung auszuführen, wurde durch besondere Versuche zuvor die Zusammendrückbarkeit des Glases ermittelt.

Nach dieser Berichtigung gaben die Versuche, die meistens bis zu

<sup>1)</sup> Gilb. Ann. Bd. LXXII. S. 173 u. Pogg. Ann. Bd. IX. S. 547.

<sup>2)</sup> Ann. de chim. et de phys. T. XXII. p. 190.

<sup>3)</sup> Poggend. Ann. Bd. XII. S. 39 und 161.

einem Drucke von 24 Atmosphären fortgesetzt wurden, folgende Resultate:

Mittlere Zusammendrückbarkeit für den Druck von einer Atmosphäre von 0<sup>m</sup>,76 und 10<sup>o</sup> C.

|  | Unter Drucken von  | Milliontel d. anfängl. Vol. |
|--|--------------------|-----------------------------|
| Quecksilber bei 0 <sup>o</sup> . . . . .                       | 1 Atm. bis 24 Atm. | 5,03                        |
| Wasser bei 0 <sup>o</sup> , luftfrei . . . . .                 | 1 " " 24 "         | 51,3                        |
| " " lufthaltig . . . . .                                       | 2 " " 6 "          | 50,5                        |
| Wasser, mit Ammoniak gesättigt, b. 10 <sup>o</sup> C.          | 1 " " 4 "          | 38,0                        |
| " " " " . . . . .  | 4 " " 16 "         | 35,0                        |
| Essigsäure, bei 0 <sup>o</sup> (spec. Gew. ?) . . . . .        | 4 " " 16 "         | 42,2                        |
| Salpetersäure, bei 0 <sup>o</sup> (spec. Gew. 1,403) . . . . . | 1 " " 32 "         | 32,2                        |
| Schwefelsäure, concentrirt bei 0 <sup>o</sup> . . . . .        | 1 " " 16 "         | 32,0                        |
| Alkohol, bei 11 <sup>o</sup> ,6 (Spec. Gew. ?) . . . . .       | 1 " " 8 "          | 96,2                        |
| " " " " . . . . .  | 8 " " 16 "         | 93,5                        |
| " " " " . . . . .  | 16 " " 24 "        | 89,0                        |
| Schwefeläther, bei 0 <sup>o</sup> . . . . .                    | 1 " " 12 "         | 133,0                       |
| " " " " . . . . .  | 12 " " 24 "        | 122,0                       |
| " " bei 11 <sup>o</sup> ,4 C. . . . .                          | 1 " " 12 "         | 150,0                       |
| " " " " . . . . .  | 12 " " 24 "        | 141,0                       |
| Salpeteräther bei 0 <sup>o</sup> . . . . .                     | 1 " " 24 "         | 71,5                        |
| Chlorwasserstoffäther bei 11 <sup>o</sup> ,2 C. . . . .        | 1 " " 12 "         | 85,9                        |
| " " " " . . . . .  | 6 " " 12 "         | 82,3                        |
| Essigäther, bei 0 <sup>o</sup> . . . . .                       | 1 " " 8 "          | 79,3                        |
| " " " " . . . . .  | 8 " " 16 "         | 71,3                        |
| Terpenthinöl, bei 0 <sup>o</sup> . . . . .                     | 1 " " 4 "          | 88,4                        |
| " " " " . . . . .  | 4 " " 16 "         | 73,0                        |

Aus dieser Tafel erhellt: 1) dass die Zusammendrückbarkeit bei mehren der untersuchten Flüssigkeiten, vielleicht bei allen, mit zunehmendem Drucke abnimmt, wiewohl die Versuche in dieser Beziehung nicht die äußerste Genauigkeit besitzen, und 2), dass sie (obwohl nur beim Schwefeläther nachgewiesen) mit steigender Temperatur wächst.

Dies letztere Resultat wird bestätigt durch eine neuere Reihe von Versuchen, die G. Aimé an der Küste von Algier angestellt hat. Bei diesen Versuchen befanden sich die zu comprimirenden Flüssigkeiten in Glasgefäßen, die den sogenannten Ausflussthermometern ähnlich waren, und die an Seilen von gemessener Länge bis zu verschiedenen Tiefen in's Meer versenkt wurden. Die Flüssigkeiten wurden auf diese Weise bisweilen einem Drucke von über 200 Atmosphären ausgesetzt.

Diese Versuche, deren Detail man in den Ann. de chim. et de phys. Sér. III. T. VIII. p. 257 nachlesen kann, ergaben als Mittelwerth der Compression für den Druck von einer Atmosphäre die folgenden Zahlen, die mit den von Colladon und Sturm bei 0<sup>o</sup> gefundenen hier zusammengestellt sind:

|  | Zusammendrückbarkeit für<br>eine Atmosphäre. |           |
|--|--|-----------|
|  | bei 12,96 C.                                 | bei 0° C. |
| Süßes Wasser . . . . .                     | 0,0000502                                    | 0,0000488 |
| Meerwasser . . . . .                       | 0,0000413                                    |           |
| Alkohol von 32° B. . . . .                 | 0,0000682                                    |           |
| » von 40° B. . . . .                       | 0,0000996                                    | 0,0000944 |
| Oxalsäure (gesättigte Lösung bei 11° C.) . | 0,0000479                                    |           |
| Essigsäure, von 0°,6 B. . . . .            | 0,0000512                                    |           |
| Schwefelsäure, concentr. . . . .           | 0,0000332                                    | 0,0000302 |
| Chlorwasserstoffsäure, 23° B. . . . .      | 0,0000432                                    |           |
| Ammoniak . . . . .                         | 0,0000376                                    | 0,0000363 |
| Schwefel. Natron, von 13°,8 B. bei 16° C.  | 0,0000444                                    |           |
| Naphtha . . . . .                          | 0,0000756                                    |           |
| Terpenthinöl (nicht rein) . . . . .        | 0,0000657                                    | 0,0000713 |
| Quecksilber . . . . .                      | 0,0000040                                    | 0,0000033 |

Die Colladon-Sturm'schen Resultate sind aus dem Grunde hier wiederholt, weil Aimé sie, wie seine eigenen, etwas anders als jene Physiker, wegen der Compression des Glases corrigirt hat. Er nimmt für die cubische Compression des Gases nicht das Dreifache der Längen-Compression (die C. u. St. allein direct bestimmten), sondern, nach Poisson's Theorie, nur die Hälfte dieser Größe. Dadurch ist den allen beobachteten Werthen nicht 3,3, sondern nur 1,6 Milliontel hinzugefügt.

Beim Zusammendrücken der Flüssigkeiten wird, wie bei dem der Gase, Wärme frei, aber da die Zusammendrückbarkeit nur gering ist, ist es auch die Wärmeentwicklung, und sie erfordert daher sehr feine Hilfsmittel, um wahrnehmbar gemacht zu werden. Die frei werdende Wärme hat natürlich auch einen Einfluss auf die Zusammendrückbarkeit, und man kann letztere nicht eher genau bestimmen, als bis erstere in die Umgebung entwichen ist <sup>1)</sup>.

Vermöge der Elasticität sind die Flüssigkeiten im Stande, den Schall fortzupflanzen. Wenn man die Zusammendrückbarkeit einer Flüssigkeit kennt, lässt sich die Schallgeschwindigkeit in derselben theoretisch bestimmen. Diese Geschwindigkeit ist nämlich (vorausgesetzt, dass bei der Fortpflanzung des Schalls in den Flüssigkeiten keine Wärme entwickelt wird)

$$\frac{PK}{DE}$$

wo  $D$  die Dichte der Flüssigkeit,  $K$  die Länge einer cylindrischen Säule derselben unter einem bekannten Druck,  $E$  die Verkürzung dieser Säule für einen gegebenen Anwuchs im Drucke  $P$ .

Colladon und Sturm haben auf diese Weise die Schallgeschwindigkeit für Wasser berechnet und mit der von ihnen direct beobachteten verglichen. Für diesen Fall ist  $D=1$ ,  $K=1000000$ ;  $E=49,5$  und  $\delta=0^m,76 \cdot g \cdot m$ , wo  $g$  das Maass der Schwerkraft  $=9^m,8088$  und  $m$  die Dichte des Quecksilbers bei 10° C., gegen die des Wassers bei 3°,9  $=1$ . Wenn man diese Zahlen in der Formel substituirt, findet man

<sup>1)</sup> Vergl. Oersted, Poggend. Ann. Bd. XXXI. S. 361.

die Schallgeschwindigkeit in Wasser = 1428 Met. = 4396,02 par. Fufs in 1"  
 die Beobachtung gab . . . = 1435 Met. = 4417,57 " "

Der Unterschied zwischen beiden beträgt nur 8 Meter, und daraus schliesen C. u. St. dass bei der Schallfortpflanzung in Wasser keine Wärme frei werde (da die Rechnung unter dieser Voraussetzung gemacht ist). Indess ist zu bemerken, dass *E* die Zusammendrückbarkeit des lufthaltigen Wassers, nicht 49,2 ist, wie es in dieser Rechnung angenommen ward, sondern 50,5, und dass ferner bei der Schallmessung, die im Genfer See angestellt wurde, dass Wasser nicht 3°,9, sondern im Mittel 8°,1 C. Temperatur hatte.

### 3. Elasticität starrer Körper.

Bei starren Körpern sind die Elasticitäts-Erscheinungen ungleich mannichfaltiger und verwickelter, als bei den flüssigen und gasigen. Sie erweisen sich elastisch, nicht allein, wenn die äusseren mechanischen Kräfte, welche auf sie einwirken, ihre Theilchen einander zu nähern, sondern auch, wenn sie dieselben von einander zu entfernen oder überhaupt zu verschieben suchen, und daher hat jedes Streben, das Volum oder die Gestalt eines starren Körpers zu verändern, eine Elasticitäts-Aeusserung in Begleitung oder im Gefolge. Dem Grade nach ist diese Aeusserung sehr verschieden, aber streng genommen fehlt sie nie; so wie es keinen absolut harten oder spröden Körper giebt, der jeder äussern Gewalt vollständig widerstände, oder bei der geringsten äussern Einwirkung in unfühlbares Pulver zerfiele, ebenso giebt es auch keinen absolut weichen oder anelastischen starren Körper, der, wenn mechanische Kräfte sein Volum oder seine Gestalt verändert hatten, diese Veränderungen bleibend beibehielte. Alles hängt hier ab von der Grösse und der Dauer der mechanischen Kräfte, welche diese Veränderungen bewirkten. Die Eintheilung der starren Körper in elastische und unelastische ist also nicht scharf; elastisch werden insgemein nur diejenigen genannt, die es in bedeutendem Grade sind. Selbst die Körper, die man solchergestalt elastisch nennt, sind es nur innerhalb bestimmter Grenzen (Elasticitätsgrenzen). Verstärkt man die auf sie einwirkenden Kräfte über diese Grenze hinaus und sind dieselben ziehender oder biegender Art, so dehnen sich die Körper, verändern ihre Gestalt oder ihr Volum auf eine bleibende Weise, und in diesem gedehnten Zustande, die einem neuen stabilen Gleichgewichtszustande ihrer Theilchen entspricht, können sie wiederum für Kräfte, kleiner als die, welche die Dehnung bewirkten, vollkommen elastisch seyn, während sie durch grössere weiter ausgedehnt werden und endlich reissen oder brechen.

Es kann hier nicht der Ort seyn, die Theorie der Elasticitätslehre vollständig zu entwickeln, noch die Resultate der besonders praktischer Zwecke wegen so zahlreich angestellten experimentellen Untersuchungen mitzutheilen; wir müssen dies den speciell der Physik gewidmeten Werken überlassen, und begnügen uns mit einigen Andeutungen.

Einer der Hauptzwecke der experimentellen Untersuchungen in diesem Gebiete besteht in der Bestimmung des Elasticitätscoefficienten. Es ist dies das Gewicht, welches die Länge eines elastischen Körpers bei einem der Flächeneinheit gleichen Querschnitt verdoppeln würde, hypothetisch dabei vorausgesetzt, dass der Körper bei einer solchen Verlängerung vollkommen elastisch bleibe. Denkt man sich dieses Gewicht hervorgebracht durch eine Säule aus demselben Körper und

von einer Grundfläche, die der Flächeneinheit gleich ist, so heißt die Länge dieser Säule der Elasticitätsmodulus.

Der Elasticitätscoefficient kann auf mehrfache Weise bewirkt werden, durch einseitigen Druck oder Zug, in welchem Falle er durch die Verlängerung oder Verkürzung des Körpers gemessen wird, durch Biegen und durch Drehen, ferner durch Schwingungen, und zwar durch longitudinale, transversale und drehende. Auf diesen Wegen sind außerordentlich viele Bestimmungen dieses Coefficienten gemacht; wir begnügen uns indess hier mit den Resultaten einer neuen sehr ausgedehnten Untersuchung von Wertheim, bei welcher namentlich auf die Reinheit der Metalle viele Sorgfalt verwendet wurde<sup>1)</sup>. Neben dem Elasticitätscoefficienten (d. h. hier der Zahl von Kilogrammen, die an einem Stab von 1 Quadratmillimeter Querschnitt und 1 Meter Länge zieht, dividirt durch die bewirkte Verlängerung ausgedrückt in Millimetern) enthält die nachstehende Tafel auch noch die Schallgeschwindigkeit (dabei die in der Luft = 1 gesetzt) und die Dichtigkeit. Kennt man den Elasticitätscoefficienten  $q$  und die Dichtigkeit  $d$ , so ergibt sich die Schallgeschwindigkeit  $v$  durch die Formel:  $2 \log. v = \log. q - \log. d = 1,05130$ .

## Metalle im enthärteten Zustande.

|                                      | bei 15° bis 20° C. |       |        | bei 100° C. |       |        | bei 200° C. |       |        |
|--------------------------------------|--------------------|-------|--------|-------------|-------|--------|-------------|-------|--------|
|                                      | $d$                | $q$   | $v$    | $d$         | $q$   | $v$    | $d$         | $q$   | $v$    |
| Blei                                 | 11,232             | 1727  | 3,697  | 11,075      | 1630  | 3,616  |             |       |        |
| Gold                                 | 18,035             | 5584  | 5,245  | 17,953      | 5408  | 5,174  | 17,873      | 5482  | 5,221  |
| Silber                               | 10,304             | 7140  | 7,847  | 10,245      | 7274  | 7,943  | 10,187      | 6374  | 7,456  |
| Kupfer                               | 8,936              | 10519 | 10,703 | 8,891       | 9827  | 9,910  | 8,840       | 7862  | 8,890  |
| Platin                               | 21,083             | 15518 | 8,087  | 21,027      | 14178 | 7,740  | 20,969      | 12964 | 7,412  |
| Eisen                                | 7,757              | 20794 | 15,433 | 7,729       | 21877 | 15,859 | 7,696       | 17700 | 14,295 |
| Eisendraht,<br>gewöhnl.              | 7,553              | 18613 | 14,798 | 7,543       | 19995 | 15,347 |             |       |        |
| Gussstahl                            | 7,719              | 19561 | 15,006 | 7,694       | 19014 | 14,819 | 7,669       | 17926 | 14,412 |
| Stahldraht,<br>engl.                 | 7,622              | 17278 | 14,493 | 7,597       | 21292 | 15,781 | 7,573       | 19278 | 15,040 |
| Stahldraht,<br>blau ange-<br>lassen. | 7,420              | 18045 | 14,700 | 7,410       | 18977 | 15,085 |             |       |        |

## Metalle im nicht enthärteten Zustande.

|                            | bei 10° C. |       |        | bei — 15° C. |       |        |
|----------------------------|------------|-------|--------|--------------|-------|--------|
|                            | $d$        | $q$   | $v$    | $d$          | $q$   | $v$    |
| Gold                       | 18,889     | 8603  | 6,362  | 18,896       | 9351  | 6,631  |
| Silber                     | 10,458     | 7411  | 7,935  | 10,463       | 7800  | 8,139  |
| Palladium                  | 10,661     | 10289 | 9,261  | 10,664       | 10659 | 9,424  |
| Platin                     | 20,513     | 15647 | 8,233  | 20,518       | 16224 | 8,382  |
| Kupfer                     | 8,906      | 12200 | 11,042 | 8,910        | 13052 | 11,399 |
| Eisendraht<br>gewöhnl.     | 7,553      | 18613 | 14,798 | 7,555        | 17743 | 14,446 |
| Stahl, blau<br>angelassen. | 7,420      | 18045 | 14,700 | 7,422        | 17690 | 14,553 |
| Messing                    | 8,247      | 9065  | 9,744  | 8,431        | 9782  | 10,154 |

<sup>1)</sup> Ann. de chim. et de phys. Sér. III, T. XII, p. 385 od. Pogg. Ann. Ergänz. II, T. I.

Die nichtmetallischen Substanzen sind bisher noch wenig Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen gewesen, obgleich einige derselben wegen ihres hohen Grades von Elasticität ganz vorzüglich dazu geeignet sind, und an der Elasticität Eigenschaften erkennen lassen, die man bei den Metallen, weil sie nur wenig elastisch sind, nicht studiren kann. Ausführlicheres darüber findet man in zwei Ansätzen von W. Weber über die Elasticität der Seidenfäden<sup>1)</sup>. P.

**Elaterin.** Eigenthümlicher bitterer Körper, enthalten in den Früchten des Eselskürbiss (*Momordica Elaterium*). Entdeckt von Morris. Man erhält das Elaterin, indem man den aus den frischen Früchten ausgepressten Saft in gelinder Wärme verdunstet, den Rückstand mit Wasser behandelt, und dann mit siedendem 90procentigen Alkohol auszieht, worin es sich auflöst. Der Alkohol wird größtentheils abdestillirt, worauf sich das Elaterin nach und nach ausscheidet, von dem durch Zumischen von Wasser noch mehr erhalten wird. Durch Waschen mit Aether befreit man es von anhängendem Harz und Blattgrün, worauf man es wieder in kochendem Alkohol auflöst und krystallisiren lässt. Es bildet sehr kleine farblose, seidenglänzende Krystalle, die unter dem Mikroskope als rhombische Prismen erscheinen. Es ist ohne Geruch und hat einen sehr bittern etwas styptischen Geschmack. Beim Erhitzen bis zu 200° schmilzt es, ohne Wasser abzugeben, und verflüchtigt sich in höherer Temperatur in weissen, stechend riechenden Nebeln. An der Luft erhitzt, entzündet es sich und verbrennt mit rauchender Flamme. In Wasser, so wie in verdünnten Säuren und Alkalien ist es fast unlöslich. Von Alkohol erfordert es bei gewöhnlicher Temperatur 5 Thle., bei Siedhitze 2 Thle., von Aether 118 Thle. zur Lösung. Auch in siedendem Terpentinöl, so wie in fetten Oelen ist es löslich. Seine Lösungen sind neutral. Concentrirte Schwefelsäure löst es mit blutrother Farbe auf. In rauchender Salpetersäure ist es nach Zwenger ohne Zersetzung löslich. Nach demselben ist es stickstofffrei, und enthält in 100 Thln. im Mittel von 2 Analysen 69,38 Kohlenstoff, 8,22 Wasserstoff und 22,40 Sauerstoff, welche Zahlen der Formel  $C_{20}H_{28}O_3$  entsprechen. Verbindungen mit Basen konnte er nicht hervorbringen. Es scheint den arzneilich wirksamen Bestandtheil des Eselskürbiss auszumachen und bewirkt heftiges Erbrechen und Purgiren, wozu nach Duncan schon eine Dosis von  $\frac{1}{16}$  bis  $\frac{1}{12}$  Gran hinreicht<sup>2)</sup>. Schn.

**Elaterium** nennt man das durch Verdunsten des Saftes der frischen Früchte des Eselskürbiss (*Momordica Elaterium*) bereitete Extract, welches als Arzneimittel angewendet wird. Die Verdunstung geschieht theils mit, theils ohne Anwendung von Wärme, wonach man ein Elaterium nigrum und ein Elaterium album unterscheidet. Unter letzterm versteht man jedoch zum Theil auch den aus dem Saft der Früchte in der Ruhe sich absetzenden Bodensatz, und ein so erhaltenes Elaterium fand Hennel zusammengesetzt aus 17,0 Harz und Blattgrün, 44,0 Elaterin, 6,0 Stärke und 27,0 Pflanzenfaser. In dem Elaterium nigrum fand Paris neben anderen nicht gehörig isolirten Substanzen 28 Proc. Stärke und 5 Proc. Pflanzeneiweiß. Nach Bracon-

<sup>1)</sup> Pogg. Ann. Bd. XXXIV. S. 247 u. Bd. LIV. S. 1.

<sup>2)</sup> Magaz. f. Pharm. Bd. 27, Buchn. Repertor. Bd. 46 und Ann. der Chem. und Pharm. Bd. 43. S. 339.

not enthält der Rückstand von der Verdunstung des vorher durch Aufkochen von den suspendirten Stoffen befreiten Fruchtsaftes außer extractiven Materien 6,9 Salpeter, 8,3 schwefelsaures Kali und Chlorkalium, 2,8 eines Kalisalzes von einer der Aepfelsäure ähnlichen Säure und 7,0 eines Kalksalzes von derselben Säure.

*Schn.*

Elayl syn. mit Kohlenwasserstoff im Maximum von Kohlegehalt oder ölbildendem Gas (s. Kohlenwasserstoff).

Elayl-Bromür, -Chlorür, -Jodür s. Kohlenwasserstoff.

Elaylverbindungen s. Kohlenwasserstoffgase.

Elecampin s. Inulin (Thoms. Chemie S. 660).

Electrum hat man die natürlich vorkommenden Legirungen aus Silber und Gold genannt. Boussingault hat zu zeigen gesucht, dass beide Metalle stets in stöchiometrischen Verhältnissen mit einander verbunden vorkommen; derselbe hat, nach seinen Analysen, eine Reihe von Verbindungen aufgestellt, in welcher 1 Atom Silber mit 2, 3, 5, 6, 8 und 12 Atomen Gold verbunden ist. Durch G. Rose's Untersuchungen, welche 24 Analysen von Electrum-Arten verschiedener Fundorte umfassen, geht es jedoch hervor, dass, wenn auch vielleicht einzelne der gedachten chemischen Verbindungen (nach festen Proportionen) existiren sollten, es doch zugleich ausgemacht ist, dass das Electrum in seinem Silbergehalte von ein paar Procenten bis etwa gegen 39 Procent in sehr kleinen Sprüngen variiren kann. Das Electrum kommt theils krystallisirt vor, theils in Blättchen, theils in Körnern. In den ersten beiden Formen ist es meist eingewachsen, in der letztern findet es sich im goldhaltigen Sande mancher Gegenden. Seine Farbe wechselt nach seinem Goldgehalte zwischen dem Messinggelben und Gelbweissen. Fast niemals findet es sich ganz rein, sondern meist durch kleinere oder grössere Spuren von Kupfer und Eisen verunreinigt. Sein spec. Gew. variirt zwischen 12,6 und 14,7. Vorzügliche Fundorte desselben sind an verschiedenen Stellen Sibiriens, z. B. am Schlangenberge, zu Nischne-Tagilsk, Katharinenburg etc. ferner in Mexico, Columbien und Siebenbürgen. Auch zu Kongsberg in Norwegen ist es früher vorgekommen, und bestand dort, nach Klaproth's Analyse, aus 64 Gold und 36 Silber.

*Th. S.*

Electuarium, Lattwerge, wird in der Pharmacie eine Arzneiform genannt, die weiche, breiähnliche Massen bildet und durch Zusammenmischen von pulverförmigen Arzneistoffen, gewöhnlich vegetabilischen, mit Zuckersyrup, Honig, Muls u. drgl. bereitet wird.

*Schn.*

Eleencephol, die Benennung der von Couërhe als eigenthümlichen flüssig fetten Bestandtheil des Gehirns beschriebenen, von Berzelius Cerebrol genannten Substanz. Nach neueren Versuchen von Fremy ist es indess nichts als ein Gemenge von Olein und Oleophosphorsäure (s. d. Art.).

*V.*

Elektricität; elektrisch. Diese Namen bezeichnen zunächst nur eine Eigenschaft oder einen eigenthümlichen Zustand, welchen die Körper unter gewissen Bedingungen annehmen können, und der sich dadurch zu erkennen giebt, dass leichte oder doch leicht bewegliche Körpertheile angezogen, aber nach erfolgter Berührung gewöhnlich wieder abgestossen werden. Bei einem gewissen Grade der

Stärke dieses Zustandes, springt von dem elektrischen Körper auf nahe liegende Gegenstände ein knisternder Funke über, der unter günstigen Umständen auch bei Tage sichtbar ist und da, wo er einen Theil des menschlichen Körpers trifft, momentan ein Gefühl von Stechen bewirkt.

Das am längsten bekannte und noch immer eins der gewöhnlichsten Mittel, einen Körper zu elektrisiren, d. h. denselben elektrisch zu machen, ist Reibung. Wird z. B. eine Stange von Siegelack oder ganz trockenem Glase mit trockenem Wollenzeuge oder mit Katzenpelz gerieben, so zieht sie leichte Dinge, wie Papierschnitzel oder kleine Stückchen von Flittergold mit solcher Heftigkeit an, dass ihr dieselben schon aus einiger Entfernung entgegenspringen. Zum Theile bleiben sie dann hängen, zum Theile werden sie sogleich wieder mit Gewalt abgestoßen. Besonders geeignet zur Anstellung dieses Versuchs ist eine kleine höchstens zwei Linien dicke Kugel von Hollundermark, die man an einem Seidenfaden frei aufgehängt hat. Sie wird bei Annäherung des elektrischen Körpers angezogen und sucht demselben nachzufolgen. Hat aber die Berührung wirklich stattgefunden, so scheint sie ihn zu fliehen und wird dadurch aus ihrer verticalen Lage abgelenkt. Die Erscheinung des Abstosens nach vorhergegangner Berührung zeigt sich mit größerer Bestimmtheit, wenn man den elektrischen Körper angehaucht hatte, oder wenn man statt Glas oder Harz eine Metallplatte nimmt. Dieselbe muss jedoch an einer Handhabe von Schellack gehalten werden, während man sie z. B. durch Reiben mit, durch Erwärmen wohl ausgetrockneter Wolle oder mit trockenem Pelzwerk elektrisch macht, und so lange man sie in diesem Zustande erhalten will.

Der elektrische Zustand ist bei den meisten Körpern nur von geringer Beständigkeit; bei keinem haftet er unveränderlich. Sein Auftreten oder Verschwinden ist übrigens von keinem wahrnehmbaren Einflusse auf ihre sonstige Beschaffenheit begleitet.

Manche Körper, wie Schellack oder Siegelack, auch trocknes Glas werden nur an den geriebenen Stellen elektrisch. Berührt man das elektrisch gewordene Schellack mit dem Finger, so verliert sich der elektrische Zustand, jedoch nur an der Berührungstelle; eine Siegelack- oder Glasstange, die am einen Ende gerieben wird, kann daher ohne Nachtheil für ihre elektrische Beschaffenheit am andern Ende mit der Hand gehalten werden. Um das Harz in den gewöhnlichen Zustand zurückzuführen, muss man ein- oder einigemal mit dem Finger über seine ganze Oberfläche hinfahren.

Metalle verlieren die Elektricität weit leichter. Eine elektrische Metallplatte, gleichgültig an welcher Stelle mit dem Finger berührt, wird sogleich ganz unelektrisch. Es ist daher unmöglich Metalle zu elektrisiren, während man sie mit bloßen Fingern hält. Eine Metallplatte an einem Stiele von Schellack, die man an irgend einer Stelle ihrer Oberfläche reibt, wird allenthalben elektrisch. Nähert man ihr einen andern noch unelektrischen Metallkörper, der aber ebenfalls mit einer Handhabe oder einem Fusse von Schellack versehen ist, bis zum Ueberschlagen des Funkens oder bis zur Berührung, so nimmt auch dieser Elektricität an, wiewohl nicht, ohne dass der erstere von der Kraft, womit er das Hollundermarkpendel anzog oder nach der Berührung abstiefs, eingebüßt hat.

Aehnlich wie auf die Metalle lässt sich der elektrische Zustand auch auf viele andere Körper übertragen; z. B. auf den menschlichen Körper, auf Wasser, feuchtes oder auch nur unvollkommen getrocknetes Holz, feuchte Erde u. s. w. Hat man eine Anzahl solcher Stoffe zu einem zusammenhängenden Systeme verbunden, so kann keiner von ihnen elektrisch werden, ohne dass nicht gleichzeitig alle übrigen dieselbe Beschaffenheit annehmen; Körper, welche fähig sind, an einem solchen Systeme Antheil zu nehmen, nennt man *Leiter der Elektricität*.

So oft ein Körper von seiner Elektricität anderen mittheilen muss, vermindert sich seine eigene elektrische Wirksamkeit, um so mehr, je größer der Umfang des Leiters, womit er in Verbindung gesetzt worden ist. Verbindet man daher einen elektrisirten Leiter mit dem Erdboden, d. h. mit einem Leiter von vergleichungsweise unendlich großem Umfange, so muss er seine ganze elektrische Wirksamkeit einbüßen. Die Erde wird zuweilen der allgemeine Ableiter genannt. Ein mit ihr in leitendem Zusammenhange stehender Leiter kann begreiflich nicht elektrisch gemacht werden.

Wird eine elektrische Metallplatte auf eine Harzscheibe oder trockne Glasscheibe, Fläche auf Fläche gestellt, und dann wieder abgehoben, so bemerkt man gewöhnlich keine Mittheilung von Elektricität. Findet die Berührung nur an einzelnen Punkten Statt, hält man z. B. eine Ecke des Metalls wider die Harzscheibe, so findet Mittheilung Statt, aber nur auf die berührte Stelle. Hat man umgekehrt das Harz in den elektrischen Zustand gesetzt und nähert man demselben die noch nicht elektrische Metallplatte, so kann selbst im günstigsten Falle nur die an dem Berührungspunkte haftende Electricität auf das Metall übertragen werden, während an allen übrigen Stellen der Harzfläche die eigenthümliche Ursache der elektrischen Erscheinungen sich ungeschwächt erhält. Schellack und Glas sind also eben so untauglich, die Elektricität von anderen Körpern abzuleiten, wie die auf ihnen selbst vorhandene mitzutheilen. Aehnlich verhalten sich Schwefel, Seide, Wolle, Haare, scharf ausgetrocknetes Holz und andere Körper mehr. Man nennt sie *Nichtleiter* oder richtiger *schlechte Leiter*.

Auch die atmosphärische Luft gehört zu den Nichtleitern, wie schon daraus hervorgeht, weil ein Leiter, von trockner Luft rings umgeben, einige Zeit im elektrischen Zustande verharren kann. In feuchter Luft dagegen verlieren alle Körper, selbst die schlechten Leiter, sehr bald ihre elektrische Beschaffenheit. Der eigentliche Grund dieses Verhaltens ist indessen nicht sowohl darin zu suchen, weil die Luft durch Aufnahme von Wassergas leitender werde, sondern weil alle festen Körper, die einen mehr, die anderen weniger, die Eigenschaft besitzen, in feuchter Luft sich mit einer dünnen flüssigen Schicht zu bedecken, und dadurch sich in mehr oder weniger gute Leiter zu verwandeln. Holz zeigt diese Eigenschaft bekanntlich in sehr hohem, Glas und Seide in ziemlich bemerkbarem Grade. Diese Körper können daher in feuchter Luft die Elektricität nicht zurückhalten. Fette und Harze, vor allen das Schellack, besitzen nur geringe Fähigkeit, das Wasser aus der Luft anzuziehen, und halten daher die Elektricität besser zurück, als die meisten anderen Nichtleiter.

Ein Leiter, der nur von schlecht leitenden Stoffen umgeben ist, heist *isolirt*. Isolirte Leiter können den ihnen ertheilten elektri-

schen Zustand einige Zeit beibehalten, wiewohl ihre eigene Masse dabei ganz ohne Einfluss ist. Diejenigen Nichtleiter, welche das Verschwinden des elektrischen Zustandes am meisten hindern, nennt man *Isolatoren*. Schellack ist der beste Isolator. Das Isolirungsvermögen des Glases und der Seide lässt sich dadurch verbessern, dass man sie mit Schellack oder Schellackfirniss überzieht. Um die Luft isolirender zu machen, muss sie mäfsig erwärmt und öfter gewechselt werden.

Den Ausdrücken: Leiter und Nichtleiter der Elektricität liegt die Vorstellung zu Grunde, dass die elektrischen Erscheinungen von der Gegenwart eines eigenthümlichen, sehr feinen, flüchtigen und gewichtslosen Stoffes abhängig seyen, der die verschiedensten Grade der Dichtigkeit annehmen könne und dessen Theile ein mit ihrer Dichtigkeit zunehmende, schon auf die Entfernung wirksame, abstofsende Kraft gegen einander ausüben. Der Name Elektricität, ursprünglich nur eine Eigenschaft bezeichnend, ist auf diesen hypothetischen Stoff übertragen worden. Die Körper sind die Träger oder die Behälter der elektrischen Materie. Viele derselben vermag sie mit erstaunlicher Leichtigkeit zu durchdringen, während sie von anderen mehr und wieder von anderen fast ganz aufgehalten wird. Von allen ohne Ausnahme kann sie aufgenommen werden, jedoch ohne irgend wahrnehmbaren Einfluss auf deren sonstiges natürliches Verhalten.

Die Elektricität, zu Folge der wechselseitigen Abstofsung ihrer Theile, strebt sich nach allen Richtungen hin auszubreiten und geht daher auf alle Leiter über, welche ihr dargeboten werden, ähnlich wie eine elastische Flüssigkeit sich in einem System von Behältern, die durch Kanäle verbunden sind, ausbreitet.

Ist das in einem Körper befindliche elektrische Fluidum durch nicht leitende Umgebungen gehindert sich fortzubewegen, so äußert sich die abstofsende Kraft als Druck gegen den Leitungs-Widerstand. Dieser Druck wird elektrische Spannung oder Tension genannt. Theile eines elektrischen Körpers, welche in der Richtung dieser Einwirkung beweglich sind, müssen sich, wenn die Spannung gröfser ist als der Widerstand ihres Gewichtes, von einander entfernen; denn die von schlechten Leitern umgebene Elektricität ist gleichsam zwischen undurchdringlichen Wänden eingeschlossen, sie kann sich daher nicht bewegen, ohne den Raum, an welchen sie gefesselt ist, mit fortzureifsen.

Man befestige zwei kleine Kugeln von Hollundermark mittelst Linnenfäden oder sehr feiner Metalldrähte dicht neben einander an einem isolirten Leiter, oder hänge dicht neben einer senkrechtstehenden Seitenfläche desselben einen zwei bis drei Zoll langen feinen Strohalm, um eine feste Axe wie ein Pendel beweglich, auf. Sobald der Leiter elektrisch wird, entfernen sich die kleinen Pendel, welche gleichsam Bestandtheile desselben ausmachen, aus der lothbrechten Lage, soweit, bis der Widerstand der Schwere mit der elektrischen Spannung im Gleichgewichte steht. Berührt man den Leiter mit einem andern, der ebenfalls isolirt ist, und vermindert dadurch die Dichte des vorhandenen elektrischen Fluidums, so vermindert sich auch der Ausschlag der Pendel. Sie kehren ganz in die Ruhelage zurück, wenn man den Leiter an irgend einer Stelle mit dem Finger berührt. Die Gröfse der Divergenz des Strohalm-Pendels oder der beiden Hollundermark-

Pendel giebt also einen Anhalt zur Beurtheilung der Dichtigkeit der auf einem Körper angesammelten Elektricität.

Die elektrische Abstofsung nach erfolgter Berührung ist ebenfalls eine Spannungs-Wirkung. Man nähere einem metallischen mit Elektricität behafteten Leiter ein Hollundermark-Kügelchen, das an einem Seidenfaden aufgehängt ist. Es wird angezogen, sogleich aber mit Heftigkeit wieder abgestofsen. Das Hollundermark ist ein Leiter, es musste folglich in dem Augenblicke, da es das Metall berührte, elektrisch geworden seyn. Man entziehe ihm diese Elektricität durch Berührung mit dem Finger; es wird von Neuem angezogen, um nach der Berührung des elektrischen Körpers wieder abgestofsen zu werden. Wird das Hollundermark-Kügelchen zwischen zwei Metallscheiben aufgehängt, von welchen die eine isolirt und elektrisch ist, die andere in ableitender Verbindung zur Erde steht, so bewegt es sich abwechselnd und in rascher Folge bald nach der einen, bald nach der andern Seite und setzt diese Oscillationen so lange fort, bis es nach und nach alle Elektricität von der einen Scheibe auf die andere übergeführt und dadurch abgeleitet hat.

Eine kleine Kugel von Schellack, als Pendel aufgehängt, ist zur Anstellung dieser Versuche untauglich, weil dieses Harz die Elektricität eines andern Körpers weder leicht aufnimmt, noch auch willig ist, das einmal gewonnene wieder abzugeben. Umhüllt man aber das Schellack mit Goldschäum und giebt ihm dadurch eine leitende Oberfläche, so wird es ähnlich wie das Hollundermark von dem elektrischen Körper erst angezogen und dann abgestofsen. Es ist also gewiss, dass der elektrischen Abstofsung eine Mittheilung des elektrischen Zustandes stets vorangehen muss.

Leichte Körper, wie das Hollundermark-Kügelchen, hängen sich zuweilen an dem geriebenen Harze oder Glase an. Dieses findet aber niemals Statt, wenn die Elektricität des geriebenen Körpers auf den beweglichen Leiter leicht übertreten kann.

Die Abstofsung leichter, die Elektricität leitender Pendel, insbesondere die Divergenz zweier neben einander hängender Pendel, gewährt ein bequemes Hülfsmittel, elektrische Zustände zu erkennen und selbst zu messen. Den Hollundermark-Kügelchen sind aber zu diesem Zwecke dünne Stroh- oder Grashalme vorzuziehen. Einen noch höhern Grad von Empfindlichkeit erzielt man mit schmalen, zwei bis drei Zoll langen Goldblättchen, weil sie zu Folge ihres äußerst geringen Gewichtes der gegenseitigen Abstofsung nur wenig Widerstand entgegenzusetzen. Man vergleiche die Artikel Elektroskop und Elektrometer.

Stark gespannte Elektricität erkennt man schon an dem Uberschlagen des Funkens auf irgend benachbarte Leiter. Dieses Phänomen tritt nämlich allemal ein, wenn die auf einem Körper angesammelte Elektricität eine so starke Spannung besitzt, dass der Leitungswiderstand der Luft nicht mehr groß genug ist, ihrem Bestreben, sich nach einer gewissen Richtung fortzubewegen, z. B. auf einen nahe liegenden Körper überzutreten, das Gleichgewicht zu halten. Die Erfahrung lehrt, dass dieses Bestreben seine größte Stärke besitzt, wenn der genäherte Körper ein Leiter ist und mit der Erde in ableitender Verbindung steht. Von Schellack und Glas, so stark sie auch mit Elektricität beladen seyn mögen, entweichen durch den überspringenden Fun-

ken verhältnissmäßig immer nur kleine Mengen, von den Stellen, welche dem genäherten Leiter zunächst liegen. Wird dagegen der mit der Erde leitend verbundene Körper, z. B. ein Knöchel der Hand, einem elektrischen Leiter bis zum Ueberschlagen des Funkens genähert, so verliert letzterer plötzlich fast alle Elektricität, womit er beladen war. Um recht deutliche und starke Funken zu erhalten, ist es daher nöthig, Leiter von grossem Umfange in den elektrischen Zustand zu versetzen. Dies geschieht auf bequeme Weise mittelst grosser Cylinder oder Scheiben von Glas, die auf einem festen Gestelle um ihre Axen gedreht und dadurch an fest liegenden Lederkissen, deren Oberfläche gewöhnlich mit Zink-Zinnamalgam bedeckt ist, gerieben werden.

Der Glasfläche ist ein isolirter metallischer Leiter (der erste Conductor) so nahe wie möglich gerückt, wodurch während der Umdrehung fortdauernd ein Theil der Elektricität des Glases auf das Metall überströmt und von diesem nach Erforderniss auch auf andere Leiter übertragen werden kann. Vorrichtungen dieser Art, die einen sehr wesentlichen Theil des zum Studium der Elektricitätslehre erforderlichen Apparats ausmachen, nennt man Elektrisirmaschinen (Reibungs-Elektrisirmaschinen, siehe diesen Artikel).

Wenn man ein einfaches, isolirtes Pendel von Hollundermark durch Berührung mit dem ersten Conductor der Maschine elektrisirt hat, so wird es von diesem Conductor, so wie auch von dem geriebenen Glase abgestossen; von einer geriebenen Siegelackstange dagegen wird es angezogen. Hatte man es durch Berührung mit dem geriebenen Harze oder einer geriebenen Metallplatte elektrisch gemacht, so wird es von dem Siegelack abgestossen, aber von dem elektrischen Glase angezogen.

Noch im unelektrischen Zustande befindlich, wird das kleine Pendel von dem mit Pelz geriebenen Siegelack eben so gut, wie von dem mit Amalgam geriebenen Glase angezogen. Nähert man aber beide elektrische Körper gleichzeitig von derselben Seite, so hindert einer die Wirkung des andern oder hebt sie wohl ganz auf.

Anderer Körper, so viele und so verschiedenartige man durch Reiben in den elektrischen Zustand versetzen mag, zeigen sich entweder dem Glase oder dem Harze ähnlich. Ein durch Berührung mit ihm selbst elektrisch gewordenes Pendel wird jeder abgestossen; wurde aber dem Pendel Elektricität schon zuvor mitgetheilt, so wird es von den einen angezogen, von den anderen abgestossen werden.

In der Wirksamkeit verschiedener elektrisirter Körper zeigt sich also ein bestimmter Gegensatz, der die Nothwendigkeit herbeigeführt hat, zwei ihrem Wesen nach entgegengesetzte elektrische Zustände, einen positiven (+) und negativen (—) zu unterscheiden. Die erstere Bezeichnung gilt für alle dem des geriebenen Glases ähnliche, die zweite für alle dem des geriebenen Harzes ähnliche elektrische Zustände.

Der Gegensatz beider Zustände wird noch deutlicher in dem folgenden Versuche hervortreten. Man stelle zwei ganz gleiche Elektrometer mit Pendeln von Strohhalmen neben einander. Dem einen werde die Elektricität des Harzes mitgetheilt. Die Halme treten auseinander. Man füge von derselben Elektricität noch etwas hinzu; die Divergenz vermehrt sich und kann durch eine dritte Portion noch weiter vergrößert werden. Dem zweiten Elektrometer ertheile man den elektrischen

Zustand des geriebenen Glases, so lange bis die Pendel in beiden Instrumenten gleich stark divergiren. Wird hierauf das eine Elektrometer dem andern so nahe gerückt, dass die auf beiden befestigten Metallplatten in Berührung kommen, so fallen die Pendel zusammen; zum Beweise, dass die vorher wirksamen Elektricitäten in demselben Augenblicke, in welchem sie in leitende Verbindung gelangen konnten, verschwunden sind. Hatte man beiden Instrumenten entweder nur den positiven oder nur den negativen elektrischen Zustand ertheilt, so bleiben sie bei der wechselseitigen Berührung elektrisch. Der positive und negative elektrische Zustand zernichten sich also beide wechselseitig, wenn beide zu gleicher Zeit und mit gleicher Stärke in Leitern von genau gleichem Umfange auftreten.

Wenn die auf zwei isolirten Leitern in gleicher absoluter Menge angehäuften Elektricität eine so starke Spannung besitzt, dass von einem zum andern schon vor der Berührung ein Funken überschlagen kann, so bezeichnet die Erscheinung desselben den Augenblick des Verschwindens beider elektrischer Zustände. Befand sich auf dem einen der beiden gleich großen Leiter mehr Elektricität, als auf dem andern, so bleibt sie nach der Entstehung des Funkens mit sichtbarer Spannung zurück.

Die in der gegenwärtigen Zeit am allgemeinsten verbreitete Vorstellung über die Ursache der entgegengesetzten elektrischen Zustände ist die Annahme von zweien elektrischen Flüssigkeiten, der positiven Elektricität ( $+E$ ) und negativen Elektricität ( $-E$ ), die, wenn auch, jede für sich betrachtet, ganz gleich in ihrem Verhalten, ihrem Wesen nach verschiedenartig sind. Sie besitzen die Eigenschaft, einander schon aus der Entfernung anzuziehen, und wirken dadurch dem Abstofsungsvermögen jeder einzelnen gegen sich selbst, entgegen. Hindert nichts den Uebertritt beider zu einander, so verbinden sie sich in einem bestimmten Verhältnisse und bilden dadurch einen für die Sinne völlig unmerklichen Gleichgewichtszustand. Ihre Verbindung hat den Namen neutrales Elektricum erhalten.

Die Theorie von zwei elektrischen Flüssigkeiten wird die dualistische oder auch die Symmer'sche Theorie genannt, weil sie zuerst von Symmer aufgestellt worden ist.

Nach einer andern ältern Hypothese, welche Franklin erdacht hat, giebt es nur eine elektrische Materie, deren Theile zwar einander abstossen, aber von aller wägbaren Materie angezogen werden. Dieses Fluidum ist durch die ganze Natur verbreitet, und jeder Körper im natürlichen Zustande enthält eine seinem besonderen Anziehungsvermögen entsprechende Menge davon. Unter Umständen kann er aber auch mehr aufnehmen oder verlieren. Der positive elektrische Zustand bezeichnet einen Ueberfluss, der negative einen Mangel an der einem Körper zugehörigen natürlichen Elektricitätsmenge.

Die elektrischen Erscheinungen, oberflächlich besehen, lassen sich sowohl nach der einen wie nach der andern erklären.

Die Symmer'sche Theorie giebt aber von manchen Phänomenen eine ungezwungenere Erklärung als die Franklin'sche und bietet zudem eine brauchbare Grundlage für die Rechnung. Sie hat daher in der neuesten Zeit die Theorie von einem elektrischen Fluidum verdrängt.

Mehrere Physiker der Gegenwart glauben beide elektrischen Hypothesen verwerfen zu müssen, weil der elektrische Stoff getrennt von anderer Materie nicht darstellbar ist. Die Wissenschaft kann hiervon keinen Gewinn ziehen, so lange es nicht gelungen ist, die gegenwärtigen, wenn auch unvollkommenen Vorstellungen, durch wahrscheinlichere und umfassendere zu ersetzen. Denn ohne irgend eine Vorstellungsweise von dem Wesen der Elektricität, geeignet, die von ihr herrührenden Körperzustände zu erklären oder doch unter gemeinschaftlichen Gesichtspunkten zusammenzufassen, würde man jedes Mittel entbehren, diese Verwicklung mannichfaltiger Erscheinungen zu entwirren.

Da die beiden elektrischen Principe, für sich betrachtet, sich ganz gleich verhalten und ihre Verschiedenheit nur dann sichtbar wird, wenn beide in Wechselwirkung treten, so kann die Art des elektrischen Zustandes eines Körpers nur aus der Vergleichung erkannt werden. Es soll z. B. die Elektricität des mit Wolle geriebenen Schwefels geprüft werden. Man ertheile dem Hollundermarkpendel im Voraus Elektricität von bekannter Art, z. B.  $+E$ , so dass bei Annäherung des geriebenen Glases Abstosung erfolgt; man wird finden, dass der Schwefel Anziehung bewirkt. Der Schwefel, durch Reiben mit Wolle wird also negativ elektrisch.

Ein empfindlicheres Mittel den elektrischen Zustand eines Körpers zu erforschen, besteht darin, dem Elektroskop mit zwei Pendeln im Voraus Elektricität von bekannter Art zu geben. Angenommen es erhielt  $+E$ , und es zeigt sich ein entsprechender Ausschlag. Man nähere von oben den zu prüfenden Körper. Ist er gleichartig elektrisch, so vergrößert sich die schon vorhandene Divergenz, weil das im Elektroskop enthaltene Fluidum von dem des elektrischen Körpers abgestoßen, sich nach den entferntesten Punkten seines leitenden Systems, nämlich nach den Pendeln zu begeben sucht und hier folglich stärker angehäuft wird. Ist er ungleichartig elektrisch, so vermindert sich der Ausschlag, weil das im Elektroskop enthaltene Fluidum jetzt nach oben gezogen und dadurch aus dem Umfange der Pendel entfernt wird.

Wenn der von oben genäherte Körper im entgegengesetzten Sinne hinlänglich stark elektrisch ist, so fallen bei einem gewissen Abstände desselben die Pendel ganz zusammen, gleich als wäre alle Elektricität fortgegangen. Entfernt man den elektrischen Körper, so kommt die ganze frühere Spannung wieder zum Vorschein. So lange der Körper nahe genug ist, um das Zusammensinken der Pendel vollständig bewirken zu können, kann das Fluidum des Elektroskops nicht abgeleitet werden. Dem Streben seiner Theile, sich nach beliebigen Richtungen fortzubewegen, ist also durch die Anziehung von außen ein Gegengewicht gesetzt.

Die Elektricität, wenn sie auf die beschriebene Weise durch Wirkung aus der Ferne ihre freie Beweglichkeit verloren hat, wird gebundene Elektricität genannt.

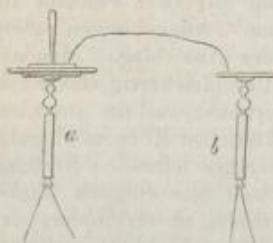
Dieser Zustand des Gleichgewichtes zwischen Attractionskraft und Repulsionskraft der Elektricität, unterscheidet sich von dem aus der Verbindung beider Principe hervorgehenden Gleichgewichtszustande wesentlich dadurch, dass er sogleich gestört wird, wenn man beide ungleichnamig elektrisirte Körper von einander entfernt, und dass, um das eine Fluidum vollständig zu binden, das andere im Ueberschusse

vorhanden seyn muss. Auch haben die Theile der gebundenen Elektricität das Vermögen, einander abzustossen nicht verloren; nur kann es sich in keiner Weise äußern, wodurch Richtung und Stärke der gegenseitigen Anziehung geändert werden müsste. Man bringe den anziehenden elektrischen Körper unter das Elektroskop, so dass die darin enthaltene Elektricität herabgezogen und folglich in den Pendeln angehäuft und gebunden wird, so werden diese nicht zusammenfallen.

Die elektrische Bindung ist wechselseitig, d. h. weder von dem einen noch von dem andern der beiden einander gegenüberstehenden, entgegengesetzt elektrischen Körper kann durch einseitige Berührung mit dem Finger alle Elektricität abgeleitet werden. Sind beide Körper Leiter, so lässt sich durch abwechselnde Berührung bald des einen, bald des andern, allmählig alle Elektricität entfernen. Denn da die vollständige Bindung des einen Fluidums ein mit dem Abstände zunehmendes Uebergewicht von anziehender Kraft auf der andern Seite erfordert, so muss sich stets auf der einen oder andern freie, d. h. ableitbare Elektricität vorfinden. Dieser frei bewegliche Theil ist um so beträchtlicher, je weiter beide Körper von einander abstehen.

Man stelle zwei Elektroskope *a* und *b* (Fig. 61.) von gleicher Einrichtung neben einander. Dem einen ertheile man  $+E$ , dem andern

Fig. 61.



—  $E$  in geringerer Menge. Auf die Platte von *a* lege man eine dünne Harzscheibe, auf diese eine zweite Metallplatte und verbinde sie mit der Platte von *b* mittelst eines isolirten Metalldrahts. War der elektrische Ueberschuss in *a* groß genug, so werden die Strohhalme von *b* zusammenfallen, aber gleichzeitig wird auch die Divergenz in *a* sich vermindern. Berührt man die Platte *a* mit dem Finger, so verschwindet ihre freie Elektricität, dagegen treten die Pendel von *b* wieder auseinander. Entfernt man endlich die auf der Harzscheibe liegende Metallplatte, so bildet sich auch im Elektroskope *a* wieder ein Ausschlag, nur geringer als im Anfange.

Man bemerkt, dass die Pendel des Elektroskops, auch wenn dieses ganz frei von Elektricität war, bei der Annäherung eines elektrischen Körpers auseinander gehen. Die Elektricität, deren Gegenwart in den Pendeln hierdurch angezeigt wird, konnte nicht mitgetheilt seyn, denn die Divergenz tritt ein, lange bevor ein Funke überspringen konnte, auch verschwindet sie in trockner Luft spurlos, so wie der elektrische Körper wieder entfernt wird. Nähert man denselben von oben, so erweist sich jene in den Pendeln wirksame Elektricität als die gleichnamige. Sie fließt ab und die Strohhalme fallen zusammen, wenn das Elektroskop ableitend berührt wird. Aber nicht alle Elektricität konnte hierdurch abgeleitet werden; denn entfernt man den elektrischen Körper, nachdem die Verbindung mit der Erde wieder unterbrochen ist, so entsteht ein neuer Ausschlag, doch jetzt durch Elektricität entgegengesetzter Art bewirkt. Durch die Annäherung des elektrischen Körpers muss also gleichnamige elektrische Flüssigkeit zurückgedrängt, ungleichnamige angezogen und gebunden worden seyn.

Da nun vorher weder die eine noch die andere im leitenden Systeme des Elektroskops bemerkbar war, so müssen sich beide in ihrer

Verbindung als neutrales Elektricum vorgefunden haben, und weiter folgt, dass diese Verbindung durch die Wirksamkeit der freien Elektricität schon aus der Entfernung getrennt werden kann. In der That entspricht auch das quantitative Verhältniss beider entwickelten Elektricitäten dieser Vorstellung.

Man verbinde zwei ganz gleiche Elektrometer mittelst eines ziemlich langen und isolirten Drahtes zu einem einzigen leitenden Systeme und nähere nur dem einen Elektrometer einen mit freier, z. B. positiver Electricität behafteten Körper; sogleich werden beide das Daseyn freier Elektricität anzeigen. Man hebe ihre Verbindung auf und entferne dann den elektrischen Körper. Beide Instrumente erscheinen nunmehr mit gleichen Mengen Elektricität behaftet. Aber dasjenige, dem der elektrische Körper zunächst stand, ist negativ, das entferntere positiv oder gleichartig elektrisirt. Stellt man ihre Verbindung von Neuem her, so fallen die Pendel zusammen.

Man kann sich leicht überzeugen, dass jeder Leiter der Elektricität im gewöhnlichen Zustande beide Fluida im Gleichgewichtsverhältnisse enthält. Freie Elektricität, wo sie sich vorfindet, zersetzt je nach ihrer Menge und der Größe des Abstandes einen mehr oder weniger großen Theil des in den Leitern der Umgebung enthaltenen neutralen Elektricum. Ungleichnamiges Fluidum wird angezogen und gebunden, eine verhältnissmäßige Menge des gleichartigen abgestoßen, und wenn es die leitende Verbindung gestattet, in die Erde getrieben. Die hierdurch bewirkte Störung des natürlichen Gleichgewichtszustandes nennt man elektrische Vertheilung.

Die vertheilende Kraft mindert sich bei zunehmender Entfernung. Die Grenzen, bis zu welchen hin ein elektrischer Körper noch einen wahrnehmbaren vertheilenden Einfluss äußert, nennt man seinen Wirkungskreis oder auch seine elektrische Atmosphäre.

Erst durch die Kenntniss des Gesetzes der Vertheilung wird man in den Stand gesetzt, von einer elektrischen Erscheinung, die unter allen zuerst auffällt, nämlich der Anziehung leichter unelektrischer Körpertheile, genügende Rechenschaft zu geben; denn wohlbekanntes Thatsachen stehen mit der Annahme, dass die wägbare Materie von der elektrischen Materie angezogen werden könne, im Widerspruch.

Die Erklärung hat aber keine Schwierigkeit mehr, nachdem man weiß, dass jeder Leiter in der Umgebung eines elektrischen Körpers durch die vertheilende Kraft mit ungleichnamiger Elektricität behaftet wird. In der That werden, unter übrigens gleichen Umständen, solche Stoffe am stärksten angezogen, bei welchen das gleichartige Fluidum am weitesten zurückgedrängt werden konnte. So bemerkt man, dass das an einem Seidenfaden hängende Hollundermark-Kügelchen nach erfolgter Berührung weit stärker abgestoßen wird, als es vorher angezogen wurde, weil seine Elektricitäten durch die vertheilende Kraft nur um einen geringen Abstand (den Durchmesser der kleinen Kugel) von einander getrennt werden konnten, folglich die Anziehung und Abstossung in der Stärke nur wenig verschieden sind. Berührt man das Kügelchen in der Nähe des elektrischen Körpers mit dem Finger und leitet man dadurch die vertheilte gleichartige Elektricität ab, so findet augenblicklich eine sehr starke Anziehung Statt. Aus demselben Grunde wird Hollundermark, an einem die Elektricität leitenden Lin-

nenfaden aufgehängt, weit stärker angezogen, als wenn es an einem Seidenfaden befestigt ist.

Je schlechter ein Körper leitet, um so weniger leicht können die in ihm natürlich vorhandenen Elektricitäten getrennt werden. Eine Schellackkugel, pendelartig aufgehängt, bleibt daher innerhalb des Wirkungskreises einer nicht sehr intensiven elektrischen Kraft ganz unbeweglich. Hat man aber den kleinen Körper zuvor elektrisch gemacht, oder umgiebt man denselben mit Goldschaum, so folgt er dem elektrischen Einflusse.

Ist der anziehende Körper gleich wie der angezogene ein Leiter, so vereinigt sich die angezogene Elektricität im Augenblicke der Berührung mit einem entsprechenden Theile ihres Gegensatzes; beide Körper, hierdurch gleichartig elektrisch geworden, müssen sich daher abstofsen. Nichtleiter gestatten den Uebergang ihrer Elektricität zu der ungleichartigen der angezogenen Körpertheile nur schwierig; die Abstofung erfolgt daher oft langsamer, zuweilen gar nicht.

Dem Ueberspringen des Funkens auf nicht elektrische Körper geht stets eine elektrische Vertheilung vorher. Sein Uebergang ist also in diesem wie in dem früher betrachteten Falle zweier entgegengesetzt geladenen Leiter, ein sichtbares Resultat der gewaltsamen Vereinigung beider elektrischer Stoffe durch eine trennende Luftschicht. Hiermit übereinstimmend ist die bekannte Erfahrung, dass Nichtleiter nur einer sehr stark gespannten Elektricität gegenüber, und selbst dann nur schwierig den Funken aufnehmen, und dass derselbe unter übrigens gleichen Umständen um so leichter übergeht, je vollkommener und grösser der Leiter ist, den man dem Einflusse eines elektrischen Körpers aussetzt. Ein kleiner, isolirter Leiter erhält weit schwächere Funken, weil die gleichartige Elektricität in demselben nicht weit genug zurückgedrängt werden kann, um ihre Einwirkung auf die ungleichartige, von der sie getrennt wurde, ganz zu verlieren. Es ist übrigens einleuchtend, dass nach der Entwicklung des Funkens in dem einen Leiter eben so viel Elektricität und von derselben Art frei geworden seyn muss, als in dem andern in den Gleichgewichtszustand versetzt wurde.

Auf dem Gesetze der Vertheilung beruhen mehrere theils für das Studium der Elektricität, theils für die Anwendung derselben sehr werthvolle Geräthschaften; unter welchen insbesondere hervorzuheben: der Condensator, das Elektrophor, die Franklin'sche Tafel, die Leydener Flasche und elektrische Batterie. (Man vergleiche diese Artikel.)

#### Gesetze der elektrischen Anziehung und Abstofung.

Die geringe Beständigkeit elektrischer Zustände, insbesondere die Schnelligkeit, womit freie Elektricität von guten Leitern, auch bei der zweckmässigsten Isolirung entweicht, macht eine scharfe Messung der Grösse elektrischer Einwirkungen zu einer höchst schwierigen bis jetzt nur unvollkommen gelösten Aufgabe. Was hierüber bekannt ist, reicht gleichwohl aus, um über die Gesetze, nach welchen die Wirksamkeit der freien Elektricität sich richtet, keinen Zweifel zu gestatten. So hat man gefunden:

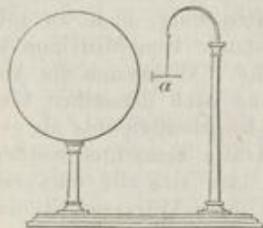
1) Die Stärke der Abstofung gleichartiger, so wie die der Anziehung ungleichartiger elektrischer Kräfte, steht im verkehrten Verhältniss des Quadrates der Entfernung ihrer Angriffspunkte.

2) Die Wirkungen eines elektrischen Körpers, Abstofsung, Anziehung und vertheilende Kraft, sind den Elektricitätsmengen proportional, womit er behaftet ist.

3) Die Stärke der wechselseitigen Anziehungen oder Abstofsungen zweier mit Elektricität behafteten Körper stehen bei unverändertem Abstände im zusammengesetzten Verhältnisse der auf beiden Körpern vorhandenen Elektricitätsmengen.

Das einfachste und doch zugleich eins der genauesten elektrischen Messwerkzeuge ist die elektrische Nadel.

Fig. 62.



Sie besteht aus einem sehr dünnen 1—1½ Zoll langen Stäbchen von Schellack *a* (Fig. 62.), das an einem einzigen Coconfaden waagrecht aufgehängt ist und am einen Ende ein sehr leichtes, kreisrundes Metallblättchen oder eine kleine Scheibe von Goldpapier trägt. Wenn man diesem Scheibchen Elektricität mittheilt, so wird es von anderen elektrischen Körpern, je nachdem sie mit dem gleichnamigen oder ungleichnamigen Fluidum behaftet sind, abgestoßen oder angezogen. Die Nadel aus ihrer Ruhelage gebracht, beginnt daher wie

ein Pendel zu schwingen. Aus der Zeit, welche zur Vollendung einer gewissen Anzahl Schwingungen nöthig ist, lässt sich dann die Stärke der Einwirkung berechnen. Wegen der Kleinheit und Dünne des Scheibchens kann man seinen Mittelpunkt als gemeinschaftlichen Angriffspunkt der in ihm thätigen elektrischen Kräfte ansehen.

Vermittelst dieser Vorrichtung hat zuerst Coulomb die Richtigkeit der obigen Gesetze, welche man übrigens, wiewohl nur aus theoretischen Gründen, schon vorher nicht bezweifelte, experimentell bestätigt. Er stellte eine isolirte Kugel von Messingblech oder auch von Pappe mit Metallpapier überzogen, so der Nadel gegenüber, dass, wenn diese in ihrer Ruhelage war, die gerade Linie, welche ihren Aufhängepunkt mit dem Mittelpunkte der Scheibe verband, zugleich durch den Mittelpunkt der Kugel ging. Die letztere hielt 12 Zoll im Durchmesser, ihr isolirender Fuß war auf einem in Zolle getheilten Brette in gerader Linie verrückbar, wodurch es möglich wurde, ihren Abstand von der Nadel beliebig zu verändern.

Der Kugel wurde Elektricität von der einen Art, der kleinen Scheibe von der andern Art mitgetheilt. Die Menge, welche die letztere erhielt, musste aber wenigstens eben so viel betragen, als durch Vertheilung möglicher Weise in ihr ausgeschieden werden konnte. Um diesen Zweck sicher zu erreichen, rückt man die elektrische Kugel etwas näher zu dem Pendel hin, als sie später, während der Beobachtungen stehen soll, und berührt das Scheibchen einen Augenblick mit einem Leiter. Die Kugel wurde dann in thunlichst kurzer Zeit in verschiedene Abstände zu der Nadel gebracht, und in jeder dieser Stellungen die für eine gewisse Anzahl Schwingungen erforderliche Zeit gemessen.

Bei einer Versuchsreihe z. B. fand Coulomb, dass wenn die Entfernung des Mittelpunktes der Kugel vom Mittelpunkte der Scheibe von anfänglich 9 Zoll auf 18 und 24 Zoll vergrößert wurde, die zu je 15 Schwingungen erforderlichen Zeiten, 20 Secunden, 41 und 60

Secunden betragen. Die Quadrate dieser Zeiten, die Zahlen 400, 1681 und 3600 verhalten sich fast wie 1 : 4 : 9. Die Intensitäten der Anziehung, welche nach den bekannten Gesetzen der Pendelschwingungen, den Quadratzahlen der Schwingungszeiten umgekehrt proportional sind, waren daher (die beim ersten Versuche der Einheit gleich gesetzt) 1 :  $\frac{1}{4}$  :  $\frac{1}{9}$ . Diesen Kräften müssen nun, wenn anders die elektrischen Anziehungen bei zunehmender Entfernung in quadratischem Verhältnisse abnehmen, Abstände zugehören, die sich wie 1 : 2 : 3 verhalten.

Es ist eine natürliche Folge der regelmässigen Gestalt eines kugelförmigen Körpers, dass die demselben ertheilte Elektricität sich ringsum auf ganz gleichförmige Weise ausbreiten muss; d. h. an solchen Stellen der Kugel, die in gleichem Abstände vom Mittelpunkte liegen, herrschen ganz gleiche elektrische Kräfte. Wenn nun die Anziehung derselben bei zunehmender Entfernung nach demselben Gesetze abnimmt wie die Schwere, so muss der Kugelmittelpunkt als gemeinschaftlicher Angriffspunkt aller dieser Kräfte betrachtet werden dürfen; ganz aus demselben Grunde, warum man sich alle schweren Theile der Erde, zur Berechnung der Grösse ihrer Wirksamkeit, im Mittelpunkte der Erde vereinigt denken kann.

Nun war der Abstand des Mittelpunktes der Scheibe von dem der Kugel bei dem ersten Versuche 9 Zoll; beim zweiten sollte er hiernach  $2 \cdot 9 = 18$  Zoll, beim dritten  $3 \cdot 9 = 27$  Zoll betragen. Nur beim dritten Versuche zeigte sich eine merkliche Verschiedenheit. Die Nadel durfte, um 15 Schwingungen in 60 Secunden zu machen, nur 24 Zoll entfernt seyn. Allein dieser dritte Versuch war der zuletzt angestellte; bis dahin war bereits ein Theil der Elektricität fortgegangen. In der That würde z. B. eine Wiederholung des ersten Versuches nach Beendigung des dritten nicht mehr dasselbe Resultat liefern als anfänglich; bei 9 Zoll Abstand würden 15 Schwingungen mehr als 20 Secunden Zeit erfordern.

Die Schnelligkeit der Schwingungen hängt also nicht blofs von der Grösse des Abstandes ab, sondern auch von der Stärke der Ladung beider einander gegenüberstehender elektrischer Körper. Um zu erfahren, wie viel jeder dazu beiträgt, berühre man die elektrische Kugel, ohne ihren Abstand vom Pendel zu ändern, mit einer andern nicht elektrischen, von durchaus gleicher Grösse und Beschaffenheit, und ebenfalls isolirt. Es ist klar, dass beide sich in die vorhandene Elektricitätsmenge theilen werden. Hatte nun die Nadel die Zahl von 15 Schwingungen vorher in 20 Secunden vollendet, so wird sie jetzt 28,5 Secunden dazu bedürfen. Die Intensitäten der Einwirkung in beiden Fällen verhalten sich also umgekehrt wie  $(20)^2 : (28,5)^2 = 400 : 812$ ; d. h. wie 2 : 1.

Entzieht man der kleinen Scheibe die Hälfte ihrer Elektricität, indem man sie einen Augenblick mit einer andern von ganz gleicher Beschaffenheit, die ebenfalls in der Mitte an einem Schellackstäbchen befestigt ist, in Berührung bringt, so findet man, unter Voraussetzung, dass die Kugel von ihrem anfänglichen Vorrathe nichts verloren hatte, dass sich die Stärke der wechselseitigen Einwirkung, wie vorher um die Hälfte vermindert hat.

Zur Gesamtstärke der wechselseitigen Anziehung zweier ungleichnamig elektrischen Körper betheiligen sich also beide in ganz gleicher

Weise, jeder nämlich im geraden Verhältnisse zur Elektricitätsmenge, womit er beladen ist. Bezeichnet man mit  $s$  und  $s'$  die absoluten Mengen von Elektricität zweier Körper, mit  $d$  die Entfernung der Mittelpunkte ihrer Wirksamkeit, so ist die Stärke dieser Wirksamkeit dem Ausdrücke  $\frac{ss'}{d^2}$  proportional zu setzen.

Aus den Schwingungen der kleinen Nadel lässt sich auf ähnliche Weise die Folgerung ziehen, dass die Abstofsung gleichnamiger Elektricitäten dem Ausdrücke  $\frac{ss'}{d^2}$  proportional ist. Zu dem Ende muss das Scheibchen in der Ruhelage von der Kugel abgewendet seyn; man ertheilt letzterer Elektricität von gewisser Art und giebt dann dem Scheibchen, indem man es einen Augenblick mit der Kugel in leitende Verbindung setzt, dieselbe elektrische Beschaffenheit.

Zur experimentellen Begründung der Gesetze der elektrischen Einwirkungen hat Coulomb mit gleichem Erfolge auch seine Drehwaage benutzt; worüber man das Ausführlichere nachlesen kann in Biot, *Traité de phys.* II. 224 (zur Vergleichung siehe Elektrometer.)

#### Gleichgewichtsgesetze der freien Elektricität.

Wenn man einem isolirten Leiter Elektricität, sey es auch unmittelbar nur an einer einzigen Stelle, entzieht oder mittheilt, so vermindert oder vermehrt sich gleichwohl an jeder Stelle seiner Oberfläche die Dichte der darauf verbreiteten elektrischen Flüssigkeit und zwar überall auf proportionale Weise. Ist z. B. überhaupt die Hälfte des vorhandenen Fluidums fortgegangen, so hat sich die Dichte desselben an jeder Stelle um die Hälfte vermindert.

Jedes elektrische Theilchen, womit der Leiter behaftet ist, wirkt abstofsend auf die gleichnamig elektrischen Theile in seiner Umgebung, während es ungleichnamiges Fluidum anzuziehen und sich damit zu verbinden strebt; beides mit einer Stärke, welche zu dem Quadrate des Abstandes proportional ist. Auf einen beliebig gewählten Punkt eines elektrisirten Leiters wirkt folglich eine vertheilende Kraft, deren Stärke gleich ist der Resultanten der Einwirkungen aller auf diesem Körper verbreiteten elektrischen Kräfte. Die Bedingung des Gleichgewichtes erfordert demnach, dass in jedem Punkte desselben gerade so viel von dem gleichnamigen Fluidum angehäuft sey, als durch die von allen anderen Punkten her einwirkenden vertheilenden Kräfte hätte ausgeschieden werden können. Ist an irgend einer Stelle bereits mehr vorhanden, so verbreitet sich dieser Ueberfluss über andere Theile des Leiters; ist weniger da, so findet Zufluss Statt, dergestalt, dass nach eingetretenem Ruhezustande sich freie Elektricität nur von einer Art vorfinden kann, und zwar an jedem Punkte in solcher Menge, als der Resultanten der Einwirkungen aller übrigen vorhandenen elektrischen Theile auf diesen Punkt entspricht. Jede Zunahme oder Abnahme der elektrischen Dichtigkeit muss daher gleichmäfsig an allen Stellen des Leiters eintreten.

Leiter von gleicher äußerer Gestalt und Größe besitzen gleiche Capacität für die Elektricität, mögen sie übrigens aus gleichem oder aus verschiedenem Stoffe bestehen, mag der innere Raum bei dem ei-

nen mit leitendem Stoffe, bei dem andern mit nichtleitendem ausgefüllt oder auch ganz leer seyn. Berührt man z. B. eine mit Elektricität behaftete Kugel von Messingblech, mit einer andern von Glas oder Holz, die mit Metallpapier überzogen ist, aber denselben Durchmesser wie die erstere besitzt, so verliert diese gerade die Hälfte ihrer Elektricität. Man muss hieraus schliessen, dass freie Elektricität im Ruhezustande sich nur auf der Oberfläche der Leiter aufhalten kann, und dass die wägbare Materie der Körper auf die freie Elektricität, welche sie enthalten, keine anziehende Kraft, noch irgend sonst eine Wirksamkeit äufsert.

Auch andere Erfahrungen beweisen die Abwesenheit freier Elektricität im Innern der Leiter. Eine Messingkugel von 3—4 Zoll Durchmesser, isolirt und mit Elektricität behaftet, so dass sie eine deutliche Wirkung auf das Elektroskop hervorbringt, umgebe man mit zwei hohlen Halbkugeln von etwas größerem Durchmesser, die an isolirenden Stielen gefasst werden und, zusammengestofsen, die Kugel ganz umschliessen; setze die innere mit der äußern Kugel einen Augenblick in Berührung und entferne dann die Halbkugeln bei sorgfältiger Vermeidung jeder weitem Verbindung mit dem eingeschlossenen Leiter. Letzterer verliert dadurch den elektrischen Zustand so vollständig, wie wenn er mit dem allgemeinen Ableiter in Verbindung gestanden hätte; das ihm entzogene Fluidum findet sich jedoch auf der leitenden Hülle wieder, womit man ihn umgeben hatte. — Hat man in der innern Höhlung eines isolirten Leiters ein Strohhalm-Elektroskop eingeschlossen, doch so dass es mit der übrigen leitenden Masse in unmittelbarer Verbindung bleibt, so zeigt auch die stärkste elektrische Ladung keine Einwirkung darauf. Wird das Elektroskop, bereits im elektrischen Zustande durch eine passende Oeffnung eingesenkt, so fallen die Pendel in dem Augenblicke zusammen, da die leitende Verbindung mit der Oberfläche des Körpers vermittelt wird.

Freie Elektricität im Innern eines Leiters erfährt eine Abstossung von allen Seiten her. Gesetzt nun, diese Einwirkungen halten einander in Beziehung auf irgend einen Punkt  $a$  im Innern nicht das Gleichgewicht (oder ihre Resultirende ist nicht Null), so kann auch die in  $a$  etwa befindliche freie elektrische Flüssigkeit nicht in Ruhe bleiben. Ist der Punkt von jeder Richtung her einer gleich starken elektrischen Einwirkung unterworfen, so kann die in demselben vorhandene Elektricität wegen der wechselseitigen Abstossung ihrer Theile gleichfalls nicht zur Ruhe kommen, ihre Fortbewegung müsste denn durch Leitungswiderstände verhindert werden. Besteht ein leitender Zusammenhang mit der Oberfläche, so muss sich alle auf die inneren Theile übertragene Elektricität dorthin zusammenziehen. Jeder Punkt im Innern befindet sich daher nach hergestelltem Gleichgewichte im natürlichen elektrischen Zustande, so groß immerhin die an der Oberfläche angehäufte Menge elektrischer Flüssigkeit seyn mag. Selbst an der Oberfläche der Leiter würde dieses flüchtige Princip nicht verweilen können, würde es nicht durch den Leitungswiderstand der Luft zurückgehalten. Bei abnehmender Luftdichtigkeit vermindert sich die Summe widerstehender Theilchen. In verdünnter Luft haftet daher die Elektricität viel weniger leicht an der Oberfläche leitender Stoffe, und der leere Raum verhält sich ganz wie ein Leiter. Z. B. eine unter der

Luftpumpe isolirte Kugel von Messingblech verliert die ihr mitgetheilte Elektricität, so wie man die sie umgebende Luft entfernt.

Die Abstofsungen, welche ein beliebig gewähltes Theilchen an der Oberfläche eines Körpers von allen übrigen über denselben Körper verbreiteten elektrischen Theilen erfährt, da sie nicht alle in gleicher Richtung einwirken können, heben sich theilweise auf, theilweise ergänzen sie sich zu einer gemeinschaftlichen Wirkung, winkelrecht gegen die Oberfläche, an derjenigen Stelle, an welcher das betrachtete Theilchen seinen Sitz hat. Gelangen mehrere elektrische Theilchen an diese Stelle, so ist die resultirende Abstofsung ihrer Summe, d. h. der elektrischen Dichtigkeit an dem betreffenden Punkte proportional. Aber gleichzeitig mit der zunehmenden Dichte an einem Punkte der Oberfläche vergrößert sich auf proportionale Weise die Abstofsung gegen jedes einzelne Theilchen an dieser Stelle, weil vermehrte Anhäufung der freien Elektricität an einem einzigen Punkte eines Leiters eine Dichtigkeitszunahme der ganzen über die Oberfläche desselben verbreiteten Elektricitätsmenge voraussetzt.

Der Druck der ruhenden Elektricität gegen sich selbst und ihre nicht leitende Umgebung, oder die Kraft, welche elektrische Spannung (Tension) genannt wird, ist also an jeder Stelle eines Leiters dem Quadrate der daselbst herrschenden elektrischen Dichtigkeit proportional.

Zwei isolirte Leiter in Berührung bilden ein einziges leitendes System. Aus jeder Dichtigkeitsveränderung der Elektricität auf der Oberfläche des einen, ist man daher berechtigt, auf eine proportionale Veränderung auf der Oberfläche des andern einen Schluss zu ziehen. Z. B. auf das Elektrometer werden durch jede unmittelbare Berührung mit einem elektrischen Körper Elektricitätsmengen übertragen, die den auf dem Körper selbst enthaltenen Mengen proportional sind.

Ist der eine Leiter im Vergleiche zu dem andern sehr klein, z. B. ein Scheibchen von Metallblech von höchstens 5—7 Linien Durchmesser, und bedeckt man damit irgend eine Stelle der Oberfläche des großen Körpers, so ist die davon aufgenommene Elektricitätsmenge, nicht nur im Allgemeinen der ganzen vorhandenen Elektricität, sondern (wenigstens annähernd) auch der Dichtigkeit an der Berührungsstelle proportional, d. h. wenn an verschiedenen Stellen der Oberfläche des großen Körpers die Dichtigkeit ungleich ist, so werden dem Scheibchen verhältnissmäßig verschiedene Elektricitätsmengen mitgetheilt. Ein solches Scheibchen, mittelst eines langen und dünnen Stäbchens von reinem Schellack isolirt, kann daher als Hilfsmittel gelten, die Dichte der Elektricität an verschiedenen Punkten der Oberfläche eines Leiters zu prüfen. Diese kleine Vorrichtung hat von Coulomb den Namen Prüfungsscheibe erhalten.

Die Art, wie sich freie Elektricität auf einem isolirten und von äußeren Einflüssen entfernt stehenden Leiter vertheilt, hängt ganz von der Gestalt seiner Oberfläche ab. Eine gleichförmige Vertheilung findet man mittelst des Prüfungsscheibchens nur an der Kugeloberfläche. Auf anders gestalteten Körpern häuft sich die Elektricität, womit sie beladen werden, an verschiedenen Stellen ungleich dicht an. Sind z. B. zwei Kugeln in Berührung, so zeigt sich in der Nähe der Berührungsstelle auf beiden die geringste Dichtigkeit, die größte aber an den entgegengesetzten Punkten. Sind beide von ungleicher Größe und

vergleicht man mittelst der Prüfungsscheibe ähnlich gelegene Stellen derselben, so findet man immer auf der kleineren die grössere elektrische Anhäufung. Je kleiner eine Kugel verhältnissmässig zur andern ist, um so mehr wächst das Verhältniss der elektrischen Dichtigkeit für ähnlich liegende Punkte, ohne jedoch den Werth 2 erreichen zu können. Indem man aber mehrere Kugeln an einander reiht, von denen die folgende immer kleiner wird als die vorhergehende, hat man es in der Gewalt, die auf der kleinsten angesammelte Elektricität zu jedem beliebigen Grade zu verdichten und dadurch ihre Spannung, die dem Quadrate der Dichtigkeit proportional ist, sogar bis zur Grenze des Widerstandes der Luft zu erhöhen. Auf dünnen kreisförmigen Platten nimmt die Dichte von der Mitte nach dem Rande hin, erst sehr allmählig, in der Nähe des Randes aber plötzlich sehr stark zu, und erreicht am Rande selbst ihren grössten Werth. Z. B. auf einer kreisrunden Messingplatte von 10 Zoll Durchmesser fand Coulomb, die Dichtigkeit in der Mitte als Einheit genommen: 3 Zoll vom Rande 1,005; 2 Zoll vom Rande 1,17; 1 Zoll vom Rande 1,52;  $\frac{1}{2}$  Zoll vom Rande 2,07 und am Rande selbst 2,9. Als er seine Prüfungsscheibe nach und nach auf verschiedene Punkte eines langen, dünnen Metallstreifens setzte und jedesmal den ihr mitgetheilten elektrischen Zustand prüfte, hatte sie dicht am Ende noch einmal so viel Elektricität aufgenommen als in der Mitte; in der ganzen übrigen Länge aber bis zu 1 Zoll Abstand vom Ende überall beiläufig eine gleiche Menge. Da Prüfungsscheibe über das Ende des Streifens hinausgeschoben, bis nur noch ihr äusserster Rand damit in Berührung blieb, bildete gleichsam eine Verlängerung beider Flächen des Streifens, daher sie in dieser Lage viermal so viel Elektricität aufnahm als in der Mitte. Auch auf der Oberfläche prismatischer und cylindrisch gestalteter Leiter bemerkt man die stärkste elektrische Anhäufung immer nahe an den Enden; ausserdem zeigt sich an jeder Kante und Ecke eine grössere Anhäufung als in einiger Entfernung davon. Auf der Oberfläche kegelförmiger oder nach einer Seite zugespitzter Leiter vermehrt sich die Dichtigkeit der Elektricität nach dem Scheitel des Kegels hin. In diesem äussersten Punkte selbst erreicht die Resultante der über die conische Oberfläche verbreiteten elektrischen Kräfte ihren grössten Werth. Wird daher an irgend einer Stelle der Oberfläche eines Leiters eine Spitze angebracht, so muss sich diejenige Elektricitätsmenge, die am äussersten Ende derselben durch sämtliche in dieser Richtung wirksame elektrische Abstofsungen angehäuft wird, auf einer Fläche von äusserst geringer Ausdehnung ansammeln; ihre Dichtigkeit und Spannkraft am Ende der Spitze müsste daher, insofern sie durch einen Gegendruck von genügender Grösse zurückgehalten werden könnte, über jede messbare Grenze hinaus anwachsen. Der Leitungswiderstand der Luft ist hierzu bei weitem nicht gross genug. Unter dem Einflusse einer Spitze wird daher die elektrische Ladung eines jeden Leiters mit grosser Schaeelligkeit in der Luft zerstreut. Dabei bemerkt man eine, je nach der Menge entweichender Elektricität, mehr oder weniger starke, wie von der Spitze ausgehende Luftströmung. Wird die Spitze unmittelbar an den Conductor einer mächtig starken Maschine angebracht, so kann diese durch die rasch auf einander folgenden Abstofsungen elektrisirter Lufttheile bewirkte Bewegung eine solche Heftigkeit erlangen dass die Flamme einer Kerze davon ausgeblasen wird.

Wenn man einen S förmig gebogenen, an den Enden zugespitzten Messingdraht in der Mitte so unterstützt, dass er um den Stützpunkt herum in waagerechter Lage beweglich ist; wenn man dann den Fuß dieses kleinen Kreisels auf dem Conductor der Maschine oder einem andern damit in Verbindung stehenden Leiter befestigt, so wird er durch die aus den Spitzen entweichende Elektricität oder richtiger durch den gleichzeitig auftretenden Luftstrom in eine drehende Bewegung gesetzt, und zwar im entgegengesetzten Sinne des Stromes.

Das Ausströmen des elektrischen Fluidums durch eine am Conductor einer kräftig wirkenden Maschine angebrachte kleine Kugel oder durch einen dicken am Ende zugespitzten Metalldraht ist von der Erscheinung leuchtender Büschel oder Garben begleitet, welche jedoch nur im Dunkeln sichtbar sind. Man betrachtet als ein unterscheidendes Merkmal beider Elektricitäten, dass die negative bei gleicher Stärke der Erregung weit kleinere Strahlenkegel bildet als die positive. Lange, scharfe Spitzen zeigen übrigens in allen Fällen nur Lichtpunkte. Gehen die beiden Conductoren einer Maschine in stumpfe Spitzen oder kleine Kugeln aus, deren Abstand von einander nur einige Zoll beträgt, so entsteht von der Seite des positiven Conductors die stärkste Luftbewegung, d. h. eine zwischen beide Spitzen gehaltene Kerzenflamme flackert gegen die Seite des negativen Conductors.

Scharfe Ecken und Kanten, wenn sie sich an einem Leiter vorfinden, begünstigen auf ähnliche Weise wie die Spitzen, wiewohl in vermindertem Grade, das Entweichen der Elektricität. Körper mit recht glatter, überall abgerundeter Oberfläche, insbesondere Kugeln, halten dagegen die ihnen mitgetheilte Elektricität, unter übrigens gleichen Verhältnissen, am längsten zurück. Man pflegt daher cylinderförmige Conductoren in Kugeln endigen zu lassen oder doch sie kugelförmig abzurunden. Die Form eines Leiters mag indessen noch so gut gewählt, die Isolirung auf das Sorgfältigste angeordnet und die Luft vollkommen trocken seyn, so gelingt es doch nicht, die Elektricität lange Zeit auf der Oberfläche desselben zurückzuhalten; weil die den elektrischen Körper umspülenden Lufttheile, ähnlich wie andere leichte Körpertheilchen, erst angezogen, dann abgestoßen, eine zwar mächtige, aber fortdauernde Luftbewegung bewirken, wodurch nach und nach alle Elektricität entführt wird. Diese allmäligen Verluste vermindern sich im Allgemeinen mit der Stärke der elektrischen Ladung, und äußern begreiflicher Weise den nachtheiligsten Einfluss da, wo sich die Elektricität am stärksten angehäuft hat.

Ein Elektricitätsverlust durch die isolirenden Träger kann wesentlich nur bei feuchter Luft in Betracht kommen. Man weiß z. B., dass eine trockene Siegellackstange von 8—10 Zoll Länge, durch anhaltendes Reiben am einen Ende, nicht eine Spur von Elektricität am andern Ende annimmt. Auch hat man gefunden, dass eine Kugel von Messingblech von 1 Fuß Durchmesser, die auf einer Schellacksäule von 8—10 Zoll Höhe und 1 Linie Durchmesser ruhte, an der Güte ihrer Isolirung nicht verlor, als man ihr drei solcher Stützen gab, ungeachtet doch die ableitende Oberfläche dadurch vergrößert wurde. Als absoluter Nichtleiter kann gleichwohl kein Isolator und überhaupt kein Körper angesehen werden. Man kann sich leicht überzeugen, dass eine Stange oder Platte von Siegellack, dem geladenen Conductor der Maschine nahe gebracht, einen Funken aufnimmt und dass ihr dadurch

die gleichnamige Elektricität eingeprägt wird. Auf ähnliche Weise muss folglich jeder isolirende Träger eines elektrischen Körpers einen Theil der Elektricität des letztern aufnehmen. Diese auf einen schlechten Leiter übergetretene Elektricität dringt in seine Masse ein und verbreitet sich mit abnehmender Dichtigkeit seiner Oberfläche entlang auf eine um so gröfsere Strecke, je unvollkommener sein Isolirungsvermögen und je höher die Spannung der zuströmenden Elektricität. Die isolirenden Füße oder Träger müssen daher um so länger seyn, je dichter die Elektricität ist, um deren Zurückhaltung es sich handelt und je schlechter das Isolirmittel, das man anwendet. Bei gleicher Länge und gleichem Stoffe halten Träger von geringer Dicke die Elektricität am besten zurück; hauptsächlich weil sie der Luftfeuchtigkeit die kleinste Oberfläche bieten.

Je nach der Tension der vorhandenen Elektricität und der Form des Leiters kann eigentlich jeder nichtleitende Stoff ein hinlänglich guter Isolator werden; denn Alles kommt darauf an, dass die Elektricität durch den Träger nicht rascher fortgeführt werde, als es durch die Luft ohnedies geschieht. Also Glas und Seide, welche die stark gespannte Elektricität gewöhnlich nicht zurückzuhalten vermögen, ja selbst Holz, von dem Augenblicke an, da ein gewisser, dem Leitungswiderstande dieser Stoffe gleichkommender, geringerer Grad der Spannung eingetreten ist, werden den noch vorhandenen Rest des elektrischen Fluidums eben so gut isoliren, als dies durch Harz möglich ist.

Wenn die Elektricität auf die Fläche eines Harzkuchens übergeht, so verbreitet sie sich dem Anscheine nach nicht gleichmäfsig auf der Uebergangsstelle. Hierauf beruhen die Lichtenbergischen Figuren. Man ergreife die äufsere Belegung einer kleinen geladenen Leydener Flasche und setze den Knopf, in welchen die innere Belegung ausgeht, auf den Harzkuchen. Ein Theil der inneren Ladung geht dadurch auf die Harzfläche über. Wird auf die so elektrisirte Stelle irgend ein feines, leichtes Pulver gesiebt, z. B. Hexenmehl oder Schwefelblumen oder Mennige, so ordnet sich dasselbe, je nach dem die innere Belegung der Flasche mit  $+ E$  oder mit  $- E$  geladen worden war, entweder zu einem Kranze mit nach allen Richtungen ausgehenden Strahlen, oder nur zu einem einfachen Ringe.

Man kann auf eine Schellackplatte Elektricität selbst von sehr geringer Spannung übertragen, wenn man eine hervorstehende Ecke oder Kante des Leiters, oder noch besser eine damit verbundene Spitze gegen die Harzfläche richtet. Die Deckelplatten des Elektrophors und Condensators verlieren daher sehr leicht die ihnen ertheilte elektrische Ladung, wenn man nicht Sorge trägt, sie parallel von der Unterlage abzuheben.

Das Vertheilungsverhältniss der freien Elektricität auf der Oberfläche eines Leiters ist nur so lange ausschliesslich durch die Gestalt der Oberfläche bedingt, als andere Leiter ringsum weit entfernt liegen. So wie ein anderer die Elektricität leitender Körper in ihren Wirkungskreis gelangt, ändert sich der frühere Gleichgewichtszustand. Beide Körper seyen z. B. isolirte Kugeln mit metallischer Oberfläche, die vorher in Berührung waren und folglich gleichnamig elektrisirt sind. Man wird finden, dass an verschiedenen Stellen der Oberfläche sowohl von  $A$  wie von  $B$ , eine ungleiche Dichtigkeit herrscht, un zwar ist dieselbe an den einander zunächst liegenden Stellen am gering-

sten, an den am weitesten entlegenen am größten. Sind beide Kugeln mit ungleichnamigen Elektricitäten beladen, so zeigt sich das umgekehrte Verhalten. Diese Unterschiede in der elektrischen Dichtigkeit auf verschiedenen Punkten der Oberfläche sind um so bemerkbarer, je geringer der Abstand beider Körper; sie vermindern sich bei zunehmender Entfernung.

Gesetzt man habe der Kugel *A* im Voraus z. B.  $+E$  mitgetheilt, während *B* vor dem Eintritte in den Wirkungskreis von *A* sich im natürlichen Zustande befand, so muss ein Theil des neutralen Elektricitäts von *B* zersetzt werden;  $-E$  wird sich nach dem Theil der Oberfläche hinziehen, welcher *A* zugekehrt ist,  $+E$  sich vorzugsweise am entgegengesetzten Ende anhäufen. Zwischen diesen beiden Stellen der Kugel und im Allgemeinen des Leiters *B* muss folglich eine Grenze (eine Zone) seyn, welche im natürlichen Zustande verharret. Dieses Verhalten lässt sich auf folgende Art sehr leicht experimentell darstellen:

Fig. 63.



Man trage einen langen, cylindrischen, an beiden Enden abgerundeten Leiter (Fig. 63.) isolirt über einen durch Reiben elektrisirten Harzkuchen; die an seinen beiden Enden angebrachten Strohhalm-Elektrometer werden sogleich einen starken Ausschlag geben; das untere in Folge gebundener  $+E$ , das obere durch frei gewordene  $-E$ . Ein zwischen beiden befindliches verrückbares Elektrometer wird überall eine geringere Divergenz zeigen, und insofern nur der Cylinder nicht zu kurz ist, an irgend einer Stelle gar nicht divergiren. Berührt man den Leiter, so verschwindet die durch  $-E$  bewirkte Spannung und nur am untern Ende dauert die Divergenz der Strohhalm fort.

Je mehr Punkte eines Leiters der Oberfläche eines mit Elektricität behafteten Körpers gegenüberstehen, so nahe als möglich, ohne dass die durch Atmosphärenwirkung entwickelte ungleichnamige zu der ursprünglich vorhandenen Elektricität übertreten kann,

eine um so stärkere elektrische Zersetzung findet Statt, jedoch ohne dass die Menge der gebundenen Elektricität die der bindenden jemals ganz erreichen kann. Sind beide nur durch eine Luftschicht getrennt und werden sie allmählig einander genähert, so wächst die elektrische Spannung an den zunächst liegenden Stellen bald bis zum Uebergange des Funkens. Mit seinem Auftreten verschwindet alle gebundene Elektricität, und die auf demselben Leiter zurückbleibende ungleichnamige zeigt sich ihrer Menge nach genau eben so groß wie der Verlust, welchen der ursprünglich elektrische Körper erlitten hat.

Wenn man gegen einen elektrischen Körper eine Metallspitze richtet, die in leitender Verbindung mit der Erde steht, so ist der Widerstand der Luft nicht groß genug, um die in der Spitze durch Vertheilung entwickelte ungleichnamige Elektricität verhindern zu können, selbst aus beträchtlicher Entfernung auf den elektrischen Körper überzufließen. Durch diesen Einfluss kann daher ein elektrischer Körper in sehr kurzer Zeit in den natürlichen Zustand zurückgeführt werden. Richtet man z. B. eine lange scharfe Spitze gegen den Conductor einer kräftig wirkenden Maschine, so senkt sich alsbald die Kugel des Hen-

ley'schen Elektrometers; ein Einfluss, der sogar bei 8—10 Fufs Entfernung noch bemerkbar ist. Beträgt aber der Abstand der Spitze von der Oberfläche des Conductors nur 2—3 Fufs, so nimmt der letztere trotz dem lebhaftesten Betriebe der Maschine keine Ladung an. — Im Dunkeln leuchtet die Spitze. — Wird die Spitze gegen den Knopf einer geladenen Flasche gerichtet und allmählig demselben genähert, während man die äufere Belegung mit der Hand berührt, so entladet sich die Flasche in wenigen Secunden ohne Geräusch, und ohne sehr auffallende Erschütterung der Nerven.

Wenn ein stark elektrisirter Körper, z. B. der Conductor einer im besten Gange befindlichen Elektrisirmaschine, von verschiedenartigen Stoffen, guten und schlechten Leitern umgeben ist, so wird der natürliche Zustand in allen ohne Ausnahme gestört, das gleichnamige Fluidum abgestofsen, das ungleichnamige angezogen. Der hieraus hervorgehende Druck gegen die Luft nimmt zu, je mehr sich der elektrische Körper und seine Umgebungen einander nähern, aber nicht nach jeder Richtung mit gleicher Stärke. Denn die Vertheilung geht in den guten Leitern leichter und vollständiger als in den schlechteren vor sich, und überhaupt um so vollständiger, je schneller und je weiter sich die gleichartige (abgestofene) Elektricität entfernen kann; sie wird daher in solchen Leitern, die mit der Erde in Verbindung stehen, am vollständigsten eintreten. Der elektrische Funke kann demnach auf jeden Körper in der Umgebung des Conductors überspringen, er wird aber denjenigen am sichersten treffen, der bei der gleichen Nähe die beste Leitfähigkeit besitzt. Befindet sich in der Nachbarschaft des Conductors ein Leiter, der mit einer langen, scharfen Spitze versehen ist, so wird bei diesem, wie bei allen anderen Körpern in der Nähe, die Vertheilung vor sich gehen. Allein während die gleichnamige Elektricität in den Boden entweicht, muss die ungleichnamige durch die Spitze ausströmen. Während also an den dem Conductor zugekehrten Enden der anderen Körper, je nach dem Grade ihrer Leitfähigkeit, das ungleichnamige Fluidum in gröfserer oder geringerer Menge sich anhäuft, ist der mit der Spitze versehene der einzige, welcher den natürlichen Zustand eigentlich nicht verlässt. So wie eine Entladung erfolgt und der Conductor seinen elektrischen Zustand verliert, müssen die in jedem Gegenstande der Umgebung getrennten Elektricitäten sich wieder vereinigen. Waren nun in einem Körper durch die vertheilende Einwirkung beträchtliche Elektricitätsmengen ausgeschieden und an entgegengesetzten Enden angehäuft worden, so kann der Rücktritt derselben, nämlich ihre Wiedervereinigung, von ähnlichen Erscheinungen, z. B. wenn lebende Geschöpfe einen Theil des leitenden Systems ausmachen, von einem ähnlichen Nervenreize begleitet seyn, wie der directe elektrische Schlag. Man nennt diese Erscheinung Rückschlag.

#### Gesetze der Elektricitätserzeugung durch Reiben.

Reiben bewirkt eine Störung des natürlichen elektrischen Gleichgewichtszustandes (eine Zersetzung des neutralen Elektricum) der geriebenen Körper, wobei von dem einen das ausgeschiedene  $+E$ , von dem andern das ausgeschiedene  $-E$  aufgenommen wird. Man befestigt auf dem Strohalm-Elektroskope eine Metallplatte, deren obere

Fläche eben abgeschliffen ist, und reibe dieselbe mit der gleichfalls ebenen Fläche eines andern, aber nicht leitenden Körpers, z. B. mit einer Glas- oder Harzscheibe. Keine oder doch nur eine geringe Divergenz wird bemerkbar. So wie man aber beide Körper trennt, erscheint der eine mit  $+E$ , der andere mit  $-E$  beladen.

Die Art des elektrischen Zustandes, welchen ein Körper durch Reibung erhält, richtet sich nach der Beschaffenheit des Reibzeugs. Z. B. in der folgenden Reihe von Körpern wird irgend welcher, den man auswählen mag, durch Reiben mit einem der über ihm stehenden gewöhnlich negativ, durch alle nachfolgenden positiv elektrisirt.

|               |                        |
|---------------|------------------------|
| Katzenfell    | Seide                  |
| Fuchsschwanz  | Siegellack             |
| Polirtes Glas | Mattgeschliffenes Glas |
| Wolle         | Metall                 |
| Papier        | Schwefel.              |

Die Stellung eines Körpers in dieser Reihe wird jedoch zuweilen durch anscheinend geringfügige Aenderungen seines Zustandes, insbesondere des Zustandes seiner Oberfläche, ja selbst schon durch die Art des Reibens verändert. So findet man, dass mattgeschliffenes Glas gegen polirtes und sogar gegen Schellack negativ elektrisch wird. Erwärmtes Glas wird negativ elektrisch durch Reiben mit kaltem Glase. Ueberhaupt rückt ein Körper in einer elektrischen Reihe, wie die hier aufgestellte, durch Erwärmen abwärts. In diesem Umstande hat man die Erklärung gesucht, warum von zwei weissen seidnen Bändern, aus demselben Stücke genommen, die kreuzweise über einander gerieben werden, das der Länge nach geriebene  $+E$ , das in die Quere geriebene  $-E$  annehmen müsse. Letzteres nämlich, da es sich an wenigeren Punkten reibt, wird stärker erwärmt.

Man bemerkt, dass ein unter den vorher zusammengestellten Körpern beliebig gewählter durch Reiben um so kräftiger elektrisirt werden kann, je weiter das aus derselben Reihe gewählte Reibzeug davon absteht. Um z. B. Siegellack negativ elektrisch zu machen, ist Pelzwerk das geeignetste Reibzeug; um dem polirten Glase  $+E$  zu ertheilen, ist Wolle weit weniger wirksam als Metall. Das beste Reibzeug für Glas ist das Kienmayer'sche Amalgam (2 Theile Quecksilber, 1 Theil Zinn, 1 Theil Zink). Entgegengesetzte elektrische Zustände werden indessen selbst dann erhalten, wenn man dem Anscheine nach ganz gleichartige Körper, z. B. zwei polirte Glasplatten zusammenreibt.

Die zwischen zwei Körpern durch Reibung bewirkte Ausscheidung der elektrischen Flüssigkeiten kann über eine gewisse Grenze hinaus nicht gesteigert werden. Diese Grenze ist erreicht, wenn die ihrem Wesen nach unbekannt, bei der Reibung thätige, zersetzende Kraft, vermehrt um den Leitungswiderstand, mit der gegenseitigen Anziehung beider elektrischer Stoffe, oder mit ihrem Bestreben, sich wieder zu vereinigen, in's Gleichgewicht getreten ist. Von den beiden auf einander geriebenen Stoffen muss immer wenigstens der eine ein schlechter Leiter seyn; Alles, was die Leitfähigkeit dieses letztern vermehrt, z. B. Feuchtigkeit, vermindert die Anhäufung der erzeugten Elektricitäten. Man muss hieraus schliessen, dass die bei der Reibung wirksame zersetzende Kraft allein die alsbaldige Wiedervereinigung der ausgeschiedenen Elektricitäten nicht verhindern kann.

Schlechte Leiter in Form von Scheiben, welche nur auf einer Seite gerieben werden, nehmen auf der andern Seite den entgegengesetzten elektrischen Zustand an; zwar nur in geringerem Grade der Spannung und häufig auch nicht sogleich. Fährt man aber nur fort zu reiben, oder überlässt auch nur die Platte in trockener Luft sich selbst, so werden die beiden Flächen nach einiger Zeit unfehlbar ungleichnamige elektrische Zustände zeigen.

Werden mehrere dünne Scheiben auf einander gelegt und dann nur die eine oder andere der äußeren Oberflächen gerieben, so werden gleichwohl alle, wiewohl in abnehmenden Graden, elektrisch, und zwar findet man, dass jede einzelne Scheibe, für sich geprüft, auf der Fläche, die mit der geriebenen Oberfläche gleiche Lage hatte, die gleichartige, auf der abgewendeten Fläche die ungleichartige Elektricität erhielt.

Da die auf der einen Seite einer nicht leitenden Scheibe durch Reiben entwickelte Elektricität über die auf der andern Seite auftretende ungleichnamige das Uebergewicht hat, so lässt sich die letztere gewöhnlich nicht unmittelbar nachweisen. Setzt man z. B. eine dünne Harzscheibe mit der nicht geriebenen Fläche auf die Platte eines Elektroskops, so wird das letztere mit  $-E$ , nämlich mit der Elektricität der geriebenen Harzfläche divergiren. Bedeckt man aber die letztere mit einer nicht isolirten Metallplatte, so richtet sich die vertheilende Kraft der über das Harz verbreiteten  $-E$ , vorzugsweise gegen diesen näher liegenden Leiter, seine  $-E$  wird in die Erde abgestoßen, seine  $+E$  gebunden und bindet seinerseits wieder die  $-E$  der geriebenen Harzfläche. Dadurch nun gelangt die vorher un wahrnehmbare  $+E$  auf der untern Seite des Harzes in den freien Zustand und kann auf das Elektroskop einwirken.

Eine ähnliche bleibend elektrische Vertheilung, wie sie die Reibung hervorbringt, kann in Scheiben von trockenem Glase und Harze auch durch die Atmosphärenwirkung eines benachbarten elektrischen Körpers bewirkt werden, in der Art, dass die dem elektrischen Körper zugekehrte Fläche des Nichtleiters den ungleichnamigen, die abgewendete den gleichnamigen Zustand annimmt.

Durch die gleichzeitige Entwicklung beider Elektricitäten auf einem schlechten Leiter, beschränken sie wechselseitig ihre Wirkungskreise, werden aber auch andererseits dadurch auf der nicht leitenden Materie besser zurückgehalten. Wird eine Glas- oder Harzscheibe auf beiden Seiten gerieben, so wirken die hierdurch entwickelten gleichartigen Elektricitäten abstossend gegeneinander. Die ganze auf einer Seite erregte Elektricitätsmenge kann daher jetzt leichter auf andere Körper übertragen werden und springt auf benachbarte Leiter selbst in Gestalt eines Funkens über.

#### Elektricitätserzeugung bei der Berührung ungleichartiger Stoffe.

Verschiedenartige Körper werden schon bei der bloßen Berührung (beim Contacte) entgegengesetzt elektrisch. Die Spannung der hierbei ausgeschiedenen Elektricitäten ist jedoch niemals so stark, um ohne Beihülfe der empfindlichsten elektrometrischen Werkzeuge wahr-

nehmbar zu seyn. Die Art der Elektricität, die ein Körper bei der Berührung mit einem andern annimmt, ist, wenn die Berührungsflächen ganz rein sind, derjenigen gleich, welche durch Reiben mit diesem ändern (insofern derselbe ein geeignetes Reibzeug bilden kann) hervorgerufen werden würde. Berührt man z. B. eine reine Kupferplatte mit einer noch ungebrauchten Glas- oder Schellackscheibe, so wird das Kupfer negativ elektrisch, der andere Körper positiv. Holz oder Papier mit Schellack berührt wird positiv, die harzige Substanz negativ. Diese Zustände sind mittelst eines guten Bohnenberger'schen Elektroskops oder auch des Duplicators leicht nachweisbar. — Bei Stoffen von ganz gleichartiger Beschaffenheit bewirkt die Berührung keine Störung des elektrischen Gleichgewichtes.

Bei der Berührung werden je zwei verschiedenartige Körper, im Widerspruche mit dem, was uns die Gesetze der Reibungselektricität lehren, auch dann elektrisch, wenn beide gute Leiter sind. Die Elektricitätserrregung ist in diesem Falle sogar am leichtesten und sichersten wahrnehmbar. Man lege eine Kupferplatte, die auf der einen Seite recht eben abgeschliffen, auf der andern mit einem 3—4 Zoll langen Stiele von Schellack versehen ist, mit ihrer platten Fläche auf eine ähnlich eingerichtete Zinkplatte, dann trenne man beide wieder, indem man sie an den isolirenden Handhaben fasst. Die erstere wird dadurch freie negative Elektricität, die zweite freie positive aufnehmen. Diese entgegengesetzten Zustände sind zwar unmittelbar nur an einem sehr empfindlichen Elektroskope wahrnehmbar. Durch Beihülfe des Condensators verstärkt, können sie aber mit jedem Elektrometer beobachtet werden. Man theile zu dem Ende die Elektricität des Kupfers der einen Condensatorplatte, die des Zinks der andern mit, bringe dann beide Körper von Neuem in Berührung, trenne sie wieder und verfare überhaupt wie vorher. Nach 6—12 oder mehr Wiederholungen dieser Art (es hängt von der Empfindlichkeit des Elektrometers ab) wird der Condensator hinlänglich stark geladen seyn, um nach Abhebung der Deckelplatte einen deutlichen Ausschlag der Strohhalmen oder Goldblättchen bewirken zu können. Ein beliebiges Paar anderer Leiter mit ebenen und glatten Flächen auf einander gelegt, zeigen ein ganz ähnliches Verhalten wie die Kupfer- und Zinkplatte.

Diese schon bei der einfachen Berührung zweier Leiter erfolgende elektrische Ausscheidung kann durch Reiben nicht im Geringsten verstärkt werden. Wohl aber vermehrt sie sich mit der Anzahl der Berührungspunkte, d. h. mit der Gröfse der auf einander liegenden platten Flächen.

Während der Dauer der Berührung eines Paares ungleichartiger Stoffe befinden sich die erregten Elektricitäten im gebundenen Zustande und können deshalb erst nach der Trennung der Platten auf das Elektrometer einwirken. Dass sie aber wirklich schon im Augenblicke der Berührung erzeugt werden und nicht erst ein Product der Trennung sind, erkennt man daraus, weil abwechselnd von dem einen und andern der verbundenen Körper, ganz so, wie es die Bedingungen wechselseitiger Bindung erfordern, kleine Mengen Elektricität abgeleitet und auch mittelst eines geeigneten Verdichtungsapparates gesammelt werden können. Man nehme einen Condensator, dessen eine Platte aus Kupfer, die andere aus Zink besteht; man verbinde jene einen Augenblick mit der Kupferseite des Erregerpaares, diese mit der

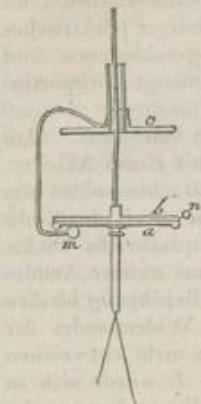
Zinkseite. Die Kupferplatte wird dadurch mit  $-E$ , die Zinkplatte mit  $+E$  geladen. Dieser Versuch kann beliebig oft, stets mit gleichem Erfolge wiederholt werden. Die abgeleiteten Elektricitäten müssen folglich durch neue Erregung immer wieder ersetzt werden. Auch findet man, dass der Condensator eine gleich starke Ladung annimmt, beide Bestandtheile des Erregerpaars mögen sich an vielen oder auch nur an wenigen, ja selbst nur an einem einzigen Punkte berühren. Verbindet man z. B. die beiden Platten des Zinkkupfercondensators einen Augenblick mit einem Stücke umgebogenen Zink- oder Kupferdraht, so dass die Ursache der Erregung ihre Wirksamkeit nur an einer einzigen Stelle äußern kann, so wird gleichwohl nach dem Abheben der Deckelplatte derselbe Ausschlag erhalten, wie wenn beide Metalle einander eine noch so große Anzahl Berührungspunkte darbieten. Der Grund ist, weil die Stärke der Ladung von der Intensität der Erregung abhängt, die an jedem Berührungspunkte gleich ist und, wie wir vorher sahen, sich immer auf gleicher Höhe hält, nicht aber von der ganzen Menge der an den Berührungsstellen ausgeschiedenen Elektricität, welche größtentheils im gebundenen Zustande verharrt. Die Anzahl der Berührungspunkte kann also in diesem Falle (d. h. wenn die Platten nicht wieder getrennt werden) nur auf die Zeit, während der die Ladung sich bewerkstelligt, einen Einfluss äußern.

Auf die Stärke der Ladung, die der Condensator annehmen kann, ist es ferner ganz ohne Einfluss, ob Kupfer und Zink nur in einfacher oder ob sie in derjenigen innigeren Berührung stehen, die durch Zusammenlöthen erhalten wird. Es ist ganz gleichgültig, ob beide Theile des Erregerpaars isolirt sind, oder ob der eine oder andere, nur nicht beide zugleich, mit noch irgend einem andern Ableiter, ja mit der Erde selbst in leitender Verbindung stehen. Der beide Condensatorplatten verbindende Kupferdraht werde z. B. in der Mitte durchschnitten und der obere Abschnitt mit der einen Hand, der untere mit der andern Hand gefasst. Die an der Contactstelle des Zinks und Kupfers erregte  $-E$  (des Kupfers) ist in diesem Falle durch nichts gehindert, in die Erde abzuliefern; die Kupferplatte des Condensators kann folglich, ausschliesslich nur durch die bindende Kraft der an der Zinkfläche angesammelten  $+E$  geladen werden. Da gleichwohl die Stärke der Ladung unverändert bleibt, wie wenn der Verbindungsdraht an einer isolirenden Handhabe gehalten würde, so muss man schliessen, dass die Dichtigkeit des freien Fluidums an der Zinkseite genau in dem Maasse zugenommen hat, als die an der Kupferseite sich verminderte.

Jedes andere Paar ungleichartiger, die Elektricität leitender Stoffe bildet, so lange die Berührung dauert, ähnlich dem Zinkkupferpaare einen Elektricitätsquell von, dem Anscheine nach, unveränderlicher Stärke. Jedes solche Paar wird ein *Elektromotor* genannt.

Der gewöhnliche Condensator ist häufig nicht wirksam genug, um diese fortdauernd thätige elektrische Erregung auf eine ganz unzweideutige Art nachweisen zu können. Man muss dann seine Zuflucht zu einem zusammengesetzten Condensator nehmen. Am besten eignet sich dazu eine zuerst von Péclet angewendete Geräthschaft. Sie besteht aus drei über einander liegenden Platten *a, b, c* (Fig. 64.), von welchen die unterste und oberste aus gleichartigem Stoffe, z. B.

beide aus Kupfer oder übergoldetem Messing angefertigt seyn müssen; die mittelste kann aus anderem Stoffe z. B. aus Zink bestehen. *c* ist in der Mitte durchbrochen und ihre isolirende Handhabe hohl, dergestalt, dass wenn sie aufliegt, sie den isolirenden Stiel von *b* umschliesst, und gehoben oder auch ganz entfernt werden kann, ohne die Platte *b* zu verrücken; *a* sitzt auf dem Elektrometer. *b* ist ringsum gefirnisst und an der einen Seite mit einem kleinen Knopfe *n* von demselben Stoffe, wie die Platten *a* und *c*, versehen, dessen dünner cylindrischer Stiel in eine entsprechende Vertiefung eingeht. *a* ist nur an der obern, *c* nur an der untern Fläche mit Firnis überzogen. An der Berührungsstelle der Zinkplatte *b* und des daran befestigten Knopfes *n* findet die elektrische Erregung Statt. Setzt man daher diesen Knopf mit der Oberfläche von *c* in leitende Verbindung, während *c* auf *b* aufliegt, so laden sich beide Platten; die erstere mit  $-E$ , die letztere mit  $+E$ . Hebt man hierauf *c* an ihrer isolirenden Handhabe so weit auf, dass der heruntergehende Knopf *m* mit der Platte *a* in Berührung kommt, so wird die  $-E$  von *c* in diese unterste Platte gezogen, die erregte  $+E$  an der untern Fläche der Zinkplatte *b* gebunden. Die obere Fläche der letztern und die wieder aufliegende Kupferplatte *c* können daher durch wiederholte Verbindung des Knopfes *n* mit der Oberfläche von *c* eine neue Ladung annehmen, und diese kann, wie früher auf die beiden untersten Condensatorflächen übertragen werden u. s. f., bis nach dem Abheben der Platte *b* ein hinlänglich starker Ausschlag der Pendel erfolgt.



Die während der ganzen Dauer der Berührung fortdauernd thätige wechselseitige Einwirkung eines Paares ungleichartiger Stoffe hindert, ähnlich wie ein unvollkommenes Leitungsvermögen, den Rücktritt beider ausgeschiedener elektrischer Flüssigkeiten zu einander. Zwischen guten Leitern ist kein anderes Hinderniss der Wiedervereinigung denkbar. Das Bestreben zur Wiedervereinigung oder die Gröfse der wechselseitigen Anziehung muss daher mit der elektrisch erregenden Ursache, mit der sogenannten elektromotorischen Kraft im Gleichgewicht stehen.

Sind beide Principe in solcher Menge vorhanden, um diesem Gleichgewichte zu entsprechen, so hört die Erregung auf. Wird auf der einen oder andern Seite Elektricität abgeleitet oder zugeführt, so ist das Gleichgewicht gestört. Im erstern Falle neue Ausscheidung beider Flüssigkeiten, bis der Verlust ersetzt ist. Eine elektrische Anhäufung über diese Grenze hinaus kann aber nicht stattfinden. Wird mehr Elektricität (von außen) zugeführt, so verbreitet sie sich nach bekannten Regeln über die Oberfläche beider Körper.

Sind beide Principe in solcher Menge vorhanden, um diesem Gleichgewichte zu entsprechen, so hört die Erregung auf. Wird auf der einen oder andern Seite Elektricität abgeleitet oder zugeführt, so ist das Gleichgewicht gestört. Im erstern Falle neue Ausscheidung beider Flüssigkeiten, bis der Verlust ersetzt ist. Eine elektrische Anhäufung über diese Grenze hinaus kann aber nicht stattfinden. Wird mehr Elektricität (von außen) zugeführt, so verbreitet sie sich nach bekannten Regeln über die Oberfläche beider Körper.

Angenommen, einem Elektromotor, gebildet aus einem Paar Zink-Kupferplatten, werde aus einer äußern Quelle  $+E$  mitgetheilt. Dieselbe strebt, sich gleichförmig über die Flächen beider Leiter auszubreiten. Die Dichte der freien  $+E$  des Zinks nimmt also zu; die freie  $-E$  des Kupfers wird theilweise, oder vielleicht auch ganz neutralisirt. Ist letzteres der Fall und die Zuleitung von  $+E$  währt fort, so sammelt sich auch auf dem Kupfer freie  $+E$  an. Aber unter Voraussetzung unausgesetzter

Fortdauer der elektromotorischen Kraft muss zwischen der Dichtigkeit der  $+E$  des Zinks und der  $+E$  des Kupfers stets ein Unterschied bleiben, und dieser Unterschied muss der Stärke der elektromotorischen Kraft proportional seyn, da er nach den Regeln wechselseitiger elektrischer Bindung, der ganzen an der Berührungsstelle ausgeschiedenen und im gebundenen Zustande verharrenden Elektricitätsmenge proportional ist.

Zuführung von  $+E$  ist dasselbe wie Ableitung von  $-E$ . Man denke sich das Kupferende des Paares in Verbindung mit einem Ableiter. Die freie  $-E$  vermindert sich, die freie  $+E$  nimmt zu, bis zuletzt alle freie  $-E$  des Kupfers verschwunden ist und dafür die  $+E$  des Zinks eine der Gröfse der elektromotorischen Thätigkeit entsprechende Dichte angenommen hat. Von dem Augenblicke an tritt keine weitere Aenderung ein, so lange auch das Kupfer mit der Erde in Berührung bleiben mag, weil die erregte  $+E$  des Zinks in Folge des Widerstandes der elektromotorischen Kraft in der Richtung des Kupfers nicht entweichen kann. Ein eben so großes Uebergewicht an freier  $-E$  würde sich an der Kupferseite erzeugen müssen, wenn man diese isolirte, dagegen das Zink mit einem Ableiter, z. B. mit der Collectorplatte des Condensators verbände.

Die Ungleichheit im elektrischen Zustande des Zink-Kupferpaares, welche sich bei dem Zink durch freie positive Elektricität von der Dichtigkeit  $+e$ , bei dem Kupfer durch freie negative Elektricität von der Dichtigkeit  $-e'$  ausdrückt, nennt man den elektrischen Unterschied (die elektrische Differenz) des Erregerpaares. Diese Differenz  $+e - (-e') = +e + e'$  behauptet eine beständige Gröfse, wie veränderlich auch die Werthe  $+e$  und  $-e'$ , jeder derselben für sich genommen, seyn mögen. Der Beweis ergibt sich unmittelbar aus dem bereits erwähnten Erfahrungssatze, dass der Zink-Kupfercondensator immer eine gleiche Ladung annimmt, beide Platten mögen an vielen oder nur an wenigen Punkten, isolirt oder nicht isolirt, durch einen Kupfer- oder Zinkdraht verbunden werden.

Es sey im Allgemeinen  $e + e' = 2d$ . Man berühre die Kupferseite des Erregerpaares mit dem Finger; alle freie  $-E$  wird dadurch abgeleitet; d. h.  $e'$  wird gleich 0,  $e$  verwandelt sich in  $2d$ . Dies ist also die grösste Dichtigkeit, welche das freie Fluidum auf der einen oder andern Seite erhalten kann. Durch die wechselseitige Erregung an der Berührungsstelle werden stets gleiche absolute Mengen von  $+E$  und  $-E$  ausgeschieden werden. Sind daher beide Körper von ganz gleichem Umfange, z. B. Kugeln von gleichen Durchmessern und gleich gut isolirt, so muss sich im Augenblicke der Berührung über die Oberfläche der Zinkkugel eben so viel freie positive, wie über die Kupferkugel negative Elektricität verbreiten, und die Dichtigkeit auf jeder Seite ist  $d$ . — Angenommen, mit der Kupferseite werde irgend ein Leiter von begrenztem Umfange in Verbindung gebracht, etwa eine Kugel, deren Oberfläche sich zu der Zinkkugel wie  $n:1$  verhält. Die Dichtigkeit des freien Fluidums auf dem Kupfer sinkt dadurch von  $d$  auf  $x$ ; und in Folge neuer Erregung muss die des freien Fluidums auf dem Zinke um denselben Unterschied  $d - x$  anwachsen; gleich als wäre nicht nur von dem Kupfer, sondern auch von dem Zink eine der Oberfläche beider gleich großen Körper und der Dichtigkeit  $d - x$  entsprechende Elektricitätsmenge, im Ganzen also  $2(d - x)$  abgeleitet worden. Hierdurch nun ist ein ande-

rer Leiter, nach Annahme von  $n$ facher Oberfläche, mit Elektricität von der Dichtigkeit  $x$  geladen worden. Es ist folglich:

$$2(d - x) = nx, \text{ woraus sich ergibt } x = \frac{2d}{n + 2}$$

Es werde z. B. eine Zinkkugel mit einer Kupferkugel von doppeltem Umfange in Berührung gebracht, so ist  $n = 1$ , daher  $x = \frac{2}{3}d$ ; die Dichtigkeit der  $+E$  des Zinks steigt folglich bis zu  $\frac{2}{3}d$ .

Die Art des elektrischen Zustandes, welchen ein Körper bei der Berührung annimmt, hängt wesentlich von der Beschaffenheit des Stoffes ab, womit er in Berührung gebracht wird; z. B. Kupfer mit Zink wird negativ elektrisch, Kupfer mit Platin positiv. Unter mehreren einfachen Stoffen, deren Verhalten in dieser Beziehung genau bekannt ist, stellt sich nachfolgende Ordnung heraus:

|             |             |
|-------------|-------------|
| $- E$       |             |
| Sauerstoff  | Eisen       |
| Schwefel    | Zinn        |
| Kohlenstoff | Zink        |
| Platin      | Wasserstoff |
| Gold        | Natrium     |
| Silber      | Kalium      |
| Kupfer      | $+ E.$      |
| Blei        |             |

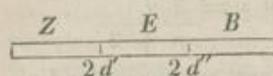
In dieser Reihe, der sogenannten elektrischen Spannungsreihe wird je der vorhergehende Körper durch Berührung mit irgend einem der nachfolgenden negativ elektrisch. Z. B. das Kupfer wird positiv elektrisch mit Silber, Gold u. s. w., negativ mit Blei, Eisen u. s. w. Nur Sauerstoff in Berührung mit anderen Körpern gelangt stets in den negativ elektrischen, Kalium stets in den positiv elektrischen Zustand.

Was die Stärke der elektrischen Erregung betrifft, so zeigt sie sich um so größer, je weiter die auf einander einwirkenden Körper in der Spannungsreihe von einander abstehen. Z. B. Platin mit Silber wird negativ elektrisch, aber stärker wird es durch Kupfer, noch stärker durch Zink erregt u. s. w.

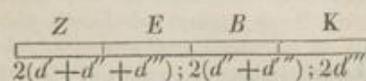
Werden mehrere Glieder der Spannungsreihe zu einer Kette verbunden, wie Platin, Kupfer, Zink, so muss an jeder Uebergangsstelle von einem Stoffe zum andern elektrische Erregung eintreten. Die Resultante aller dieser Wirkungen ist aber stets gleich der Erregung (der elektrischen Differenz) der beiden äußersten Glieder, gerade so als befänden sich diese in unmittelbarer Berührung. Sind die äußersten Glieder gleichartig, z. B. beide Zink, so findet gar keine Wirkung Statt. Man verbinde beide Platten des Kupfer-Zink-Condensators durch einen Kupferdraht und messe die Stärke der hierdurch erhaltenen Ladung; man verwechsele sodann den Kupferdraht mit irgend einem andern Metalldrahte, etwa einem Blei- oder Eisen- oder Platindrahte, oder auch mit einem aus mehreren Metallen gebildeten Bogen. Die Gröfse der Ladung wird sich nicht ändern, weil die beiden äußersten Glieder unverändert Kupfer und Zink geblieben sind.

An der Berührungsstelle von Zink und Eisen entsteht eine elektrische Erregung, deren Stärke durch die Differenz  $2d'$  ausgedrückt werden mag. Kommt das Eisen in leitende Verbindung mit der Erde, so

muss demnach die Dichtigkeit der freien  $+ E$  des Zinks bis zu  $2 d'$  anwachsen. Gesetzt, der Uebergang zur Erde werde durch einen Bleidraht vermittelt, und die elektrische Differenz an der Berührungsstelle von Blei und Eisen sey



der Berührungsstelle von Blei und Eisen sey  $2 d''$ , so muss freie  $+ E$  von der Dichtigkeit  $2 d''$  sich über die Oberfläche des Eisens und Zinks wie über einen gleichartigen Leiter von derselben Gestalt ergießen. Durch den Widerstand  $2 d'$  (die elektromotorische Kraft) zwischen Zink und Eisen kann dieser Uebergang nicht aufgehalten werden, weil die elektromotorische Kraft an dieser Stelle bereits mit dem Bestreben der ausgeschiedenen Elektricitäten des Zinks und Eisens, sich wieder zu vereinigen, im Gleichgewichte steht. Auf dem Zink muss sich daher freie  $+ E$  von der Dichtigkeit  $2 (d' + d'')$  ansammeln.



Steht das Blei wieder mit Kupfer und dieses erst mit der Erde in Verbindung, so bildet sich an der Berührungsstelle der beiden letzten Metalle die elektrische Differenz  $2 d'''$ , und freie  $+ E$  von der Dichtigkeit  $2 d'''$  verbreitet sich ungehindert über Blei, Eisen und Zink. Nach hergestelltem Gleichgewichte müssen folglich diese drei Metalle mit freier positiver Elektricität behaftet seyn und zwar in solchen Abstufungen der Dichtigkeit, wie die nebenstehende Figur zeigt. Nur das Kupfer besitzt gar keine freie Elektricität. Nun findet man, dass wenn das Zinkende dieser zusammengesetzten Metallkette mit der Zinkplatte des Condensators, das Kupferende mit der Kupferplatte des Condensators verbunden wird, die Wirkung von der eines einfachen Zink- oder Kupferbogens nicht im Geringsten verschieden ist; man muss hieraus schliessen, dass die Summe der Erregungen des Zinks mit Eisen, des Eisens mit Blei, des Bleies mit Kupfer, an Gröfse gleich ist der Erregung ( $2 d$ ) des Zinks mit Kupfer; und im Allgemeinen: dass die Stärke der Erregung zweier Glieder der Spannungsreihe gleich ist der Summe der Erregungen aller Zwischenglieder.

Wird dem Kupferende der Metallkette, die mit Zink beginnt, ein nicht isolirter Zinkstreifen angereiht, so entbindet sich negative Elektricität bis zur Dichtigkeit  $2 d = 2 (d' + d'' + d''')$  an der Berührungsstelle des Kupfers und verbreitet sich von hieraus ungehindert über alle Kettenglieder. Auf dem vordersten Zink verschwindet daher alle freie Elektricität. Das Eisen erhält  $- E$  von der Dichtigkeit  $2 d'$ ; das Blei  $- E$  von der Dichtigkeit  $2 (d' + d'')$ ; das Kupfer  $- E$  von der Dichtigkeit  $2 d$ ; die Differenz der beiden äußersten Glieder ist folglich 0.

Auf ähnliche Weise erklärt es sich, warum Platin oder Kohle und überhaupt ein Körper, der in der Spannungsreihe dem Sauerstoff näher steht als Kupfer und Zink, zwischen diesen beiden Metallen eingeschaltet, ihre elektrische Differenz nicht verändern kann.

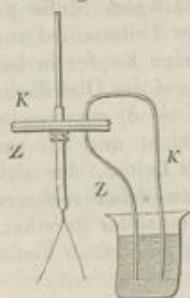
In welcher Ordnung mithin verschiedene Glieder der Spannungsreihe an einander gereiht werden mögen, ihre elektrische Differenz wird immer derjenigen der beiden Endglieder bei unmittelbarer Berührung entsprechen. An der Berührungsstelle von Sauerstoff und Kalium muss folglich die grösste elektrische Erregung entstehen, welche durch Körper, die eine Stellung in der Spannungsreihe behaupten, überhaupt erzielt werden kann.

Die Spannungsreihe gilt zwar vorzugsweise für die chemisch einfa-

chen Stoffe, indessen kennt man auch mehrere zusammengesetzte Körper, die eine feste Stellung in derselben einnehmen, insbesondere unter den Oxyden und Schwefelmetallen. Z. B. Zinnoxid, Eisenoxyd, Braunstein, Schwefelkies, Schwefelblei u. a. m. sind in diesem Falle. Man findet, dass die Metalle durch Aufnahme von Sauerstoff oder Schwefel hinsichtlich ihres elektrischen Verhaltens dem negativen oder Sauerstoffende der Spannungsreihe näher rücken. Z. B. Braunstein nimmt seine Stellung über dem Platin, während die metallische Grundlage dieser Verbindung in die Nähe des Zinks gesetzt werden muss.

Die Mehrzahl der zusammengesetzten Körper, zumal im flüssigen Zustande, wenn schon sie bei der Berührung mit Metallen elektrisch erregt werden, lassen sich nicht in die Spannungsreihe einführen. Man

Fig. 65.



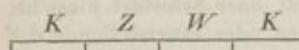
tauche einen Kupferstreifen Fig. 65 neben einem Zinkstreifen in gewöhnliches Wasser, doch so dass sie sich nicht berühren können. Das obere Ende des erstern werde sodann mit der Kupferplatte, das obere Ende des andern mit der Zinkplatte des Condensators verbunden. Wenn nun das Wasser eine feste Stellung in der Spannungsreihe annähme, so müsste eine Ladung erfolgen, wie bei der unmittelbaren Verbindung beider Condensatorplatten durch einen Kupferdraht. Es tritt aber gerade der entgegengesetzte Fall ein; die Zinkplatte wird negativ, die Kupferplatte positiv geladen. Da beide Metalle bei diesem Versuche in keiner unmittelbaren Be-

rührung standen, so folgt, dass die erhaltene Ladung das zusammengesetzte Resultat ist der elektrischen Einwirkung des Kupfers und Zinks auf das Wasser. Wässrige Auflösungen, Salzlösungen, Säuren verhalten sich qualitativ ganz ähnlich. Auch der menschliche Körper, wenn er die Verbindung beider Condensatorplatten vermittelt, Holz, wenn es Feuchtigkeit genug enthält, um die Elektricität zu leiten, lufttrockenes Papier und viele andere Körper sind in diesem Falle.

Um die unmittelbare elektrische Einwirkung eines Metalls auf eine Flüssigkeit zu prüfen, bedient man sich eines Condensators, dessen Collectorplatte aus dem betreffenden Metalle verfertigt und auf einem sehr empfindlichen Elektroskope, z. B. dem Bohnenberger'schen befestigt ist; als Deckelplatte dient eine möglichst dünne, geschliffene und unten gefirniste Glasscheibe, auf deren obere reine Fläche die Flüssigkeit entweder unmittelbar ausgebreitet wird, oder die man mit durch die Flüssigkeit benetztem Löschpapier bedeckt. Die Verbindung wird dann wie gewöhnlich durch einen Metalldraht hergestellt. So hat man gefunden, dass das Zink bei der Berührung mit Wasser und wässrigen Lösungen stets — E aufnimmt. Kupfer wird durch Wasser und manche Salzlösungen ebenfalls negativ elektrisch, aber viel weniger stark als das Zink. Bei der Berührung mit Salpetersäure, welche das Zink negativ elektrisch macht, wird das Kupfer positiv. Das Platin erregt, wie es scheint, alle Salzlösungen und Säuren negativ elektrisch, während es selbst positiv wird.

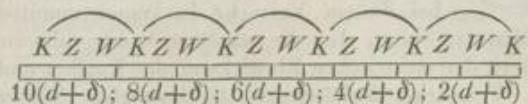
Das eigenthümliche elektrische Verhalten der Metalle bei der Berührung mit zusammengesetzten flüssigen Leitern macht es möglich, dem Condensator, selbst dann wenn die Platten desselben gleichartig sind, durch Vermittelung eines aus mehreren Leitern zusammengesetzten Schließungsbogens eine elektrische Ladung zu ertheilen. Bewerkstelligt man z. B.

die Verbindung beider Kupfer-Condensatorplatten durch eine Kette aus Kupfer, Wasser, Zink, so wird eine stärkere Ladung erhalten, als Kupfer und Zink allein überhaupt hervorbringen können. Der Grund ist, weil



die von der Einwirkung des Wassers abstammende —  $E$  des Zinks sich ungehindert über das mit dem Zink verbundene Kupfer verbreiten kann, während die  $+E$  des Wassers eben so ungehindert auf das damit in Berührung stehende Kupfer überströmt. Nur ein Theil dieser Wirkung wird durch die in entgegengesetztem Sinne eintretende des Wassers auf Kupfer wieder zernichtet. Gesetzt, die Stärke der gleichzeitigen Erregung beider Metalle durch das Wasser entspreche der Differenz  $2\delta$ , die des Zinks mit Kupfer der Differenz  $2d$ , so muss sich an beiden Enden der Kette, wenn schon sie aus gleichartigem Stoffe (in unserem Beispiele aus Kupfer) bestehen, ein elektrischer Unterschied von der Größe  $2(d + \delta)$  ausbilden. Wäre z. B. das eine Kupfer in leitende Verbindung mit der Erde gesetzt, so würde sich auf der Oberfläche des andern freie Elektricität von der Dichtigkeit  $2(d + \delta)$  ansammeln.

Diese freie Elektricität verbreitet sich eben so leicht und bis zur Grenze derselben Dichtigkeit über jeden andern guten Leiter, der sich dem einen oder andern Kupferende anschliesst. Werden daher mehrere ähnliche elektrische Systeme in gleicher Ordnung an einander gereihet, und das eine Ende mit der Erde in leitende Verbindung gesetzt, so fließt



$$10(d + \delta); 8(d + \delta); 6(d + \delta); 4(d + \delta); 2(d + \delta)$$

die freie Elektricität des ersten Systems auf das zweite und alle folgenden über, die freie Elektricität des zweiten Systems auf das dritte und alle folgenden u. s. f. Nach eingetretenem Gleichgewichtszustande muss sich folglich am äußersten isolirten Ende der Kette freie Elektricität in einem Grade der Verdichtung angehäuft haben, welcher zur Anzahl verbundener Systeme in geradem Verhältnisse steht. Der Grad elektrischer Verdichtung, welcher mittelst einer auf diese Weise zusammengesetzten elektrischen Kette erhalten werden kann, ist, wie man leicht sieht, ohne Grenzen und hängt nur von der Anzahl mit einander verbundener Glieder ab.

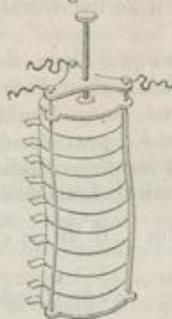
Die zusammengesetzte elektrische Kette wurde zuerst in Form einer Säule aufgebaut, indem man eine Anzahl Zink-Kupferplatten, je das eine Paar von dem andern durch eine mit Flüssigkeit (Wasser, Salzlösung, verdünnte Säure) getränkte Papp- oder Filzscheibe getrennt, auf einander folgen liefs. Zink und Kupfer waren der Bequemlichkeit wegen gewöhnlich zusammengelöthet. Man hat seitdem noch mannichfaltige andere Formen der Zusammenstellung für bequem oder nützlich gehalten. Der Name elektrische Säule ist indessen, ohne Rücksicht auf die Form, für jede Art zusammengesetzter elektrischer Ketten geblieben.

Die beiden Endpunkte einer Säule nennt man ihre Pole, und zwar das Ende, an welchem positive Elektricität abgeleitet werden kann, den positiven Pol (auch wohl Zinkpol, weil nach dieser Seite hin gewöhnlich eine Zinkplatte den Schluss der Säule bildet), das andere Ende,

welches das negative Fluidum liefert, den negativen Pol oder Kupferpol.

Die elektrische Säule ist ein Behälter für beide Elektricitäten. Sie liefert die eine wie die andere in mannichfaltigen Abstufungen der Dichtigkeit und, so lange ihre Wirksamkeit anhält, in außerordentlich großer Menge. Als Mittel, das Verhalten der Säule im Gleichgewichtszustande zu studiren, eignet sich vorzugsweise die sogenannte trockene Säule. Dieselbe kann auf folgende Weise verfertigt werden: Blätter von unächtem Gold- und Silberpapier werden mit der Papierseite zusammengeheftet und aus den so erhaltenen Tafeln, die also auf der einen Seite mit einem dünnen Ueberzuge von Zinn, auf der andern mit einem dünnen Ueberzuge von Kupfer versehen sind, Scheiben von beliebigem, z. B. von zwei Zoll Durchmesser, ausgeschnitten. Eine große Anzahl, 1000—2000 solcher Scheiben, im lufttrockenen Zustande, je die Zinnseite der einen auf die Kupferseite der andern aufeinander geschichtet und zwischen zweien etwas größeren Metallplatten mittelst Seidenschnüren zusammengehalten, bilden eine trockene Säule. Die Wirksamkeit dieser Geräthschaft gewinnt nichts durch starkes Zusammenpressen der Scheiben. Wesentlich ist es aber, dass Metallfolie und Papier, so wie die zusammengehefteten Papierseiten sich überall auf das Innigste berühren. Es ist leicht einzusehen, dass bei dieser Säule das Papier die Stelle der feuchten Schicht ersetzen soll; da jedoch Papier weit schlechter leitet, als Wasser und wässrige Lösungen, so wird die von einer trockenen Säule abgeleitete Elektricität vergleichungsweise nur langsam wiederersetzt. Man stelle eine trockene Säule, an welcher je von der hundertsten Doppelscheibe

Fig. 66.



eine Zunge desselben Metallpapiers hervorsticht, auf ein Elektrometer. Angenommen der positive Pol sey nach unten gekehrt und man berühre die zweitunterste Zunge mit dem Finger. Die hundert ersten Scheiben bilden dadurch gleichsam eine kleine Säule für sich, deren unteres (positives) Ende mit dem Elektrometer, deren oberes Ende mit der Erde in Verbindung steht. Jenes empfängt folglich Elektricität aus einer Quelle, worin dieselbe bis zum hundertfachen Betrage der erregenden Kraft jedes einzelnen aus Kupfer, Zinn, Papier, Kupfer gebildeten Elektrometers verdichtet ist. Man merke die Größe des Ausschlags der Goldblättchen und berühre dann die dritte Zunge (die also die Grenze einer Säule von zweihundert Scheiben bezeichnet), hierauf die vierte,

die fünfte u. s. w. Die hierdurch erfolgenden Ablenkungen der Elektrometerpendel werden der doppelten, dreifachen, vierfachen elektrischen Dichtigkeit u. s. w. entsprechen.

Die Dichtigkeitszunahmen der Elektricität stehen demnach, ganz so wie es sich theoretisch voraussehen liefs, im geraden Verhältnisse zu der Anzahl gleichartiger Elemente, woraus die Säule zusammengesetzt ist.

Wird der negative Pol ableitend berührt, so zeigt sich an dem positiven Pole die größte elektrische Anhäufung, welche durch die Kraft der Säule bewirkt werden kann. Elektricität von derselben Dichtigkeit theilt sich jedem Leiter mit, der mit diesem Pole in Verbindung gesetzt wird, vorausgesetzt nur, dass der Umfang desselben nicht von unbegrenzter Größe ist. An allen übrigen Punkten der Säule findet sich ebenfalls nur  $+E$ , deren Dichtigkeit nach dem negativen Pole hin

stufenweise abnimmt. Dreht man die Säule herum, so dass nunmehr der negative Pol auf der Elektrometerplatte ruht, und berührt man den positiven Pol, so erfolgt ein eben so starker Ausschlag als vorher, aber jetzt durch angehäufte  $-E$ , deren Dichtigkeit ganz so wie vorher ihr Gegensatz, in arithmetischer Folge nach dem andern Ende hin sich vermindert. Hieraus geht hervor, dass durch die Berührung eines Pols, nicht blofs von diesem, sondern von jedem einzelnen Elemente, eine der ganzen elektrischen Differenz der Säule entsprechende Menge von freier Elektricität fortgeführt worden ist. Diese Differenz, oder die ihr entsprechende Dichtigkeit des elektrischen Fluidums sey  $2D$ .

Man berühre die Mitte der Säule. An dieser Stelle sinkt dadurch die Dichte von  $D$  auf  $0$  herab. Zugleich findet man, dass das freie Fluidum des einen Pols um die Hälfte, nämlich von der Dichtigkeit  $2D$  bis zu  $D$  vermindert worden ist, während an dem andern Pole (an welchem sich vorher keine freie Elektricität vorfand) das ungleichnamige Fluidum ebenfalls mit der Dichtigkeit  $D$  zum Vorschein kommt. Jedem Elemente der Säule ist folglich durch die ableitende Berührung des mittelsten Elementes freie Elektricität von der Dichtigkeit  $D$  entzogen worden. Auf gleiche Weise lehrt der Versuch, dass durch die Berührung irgend eines andern Punktes der Säule nicht nur dem betreffenden, sondern zugleich jedem andern Elemente freie Elektricität von der an der Berührungsstelle herrschenden Dichte entführt wird, dagegen die ganze elektrische Differenz  $2D$  stets unverändert bleibt.

Isolirt man die Säule und setzt dann einen isolirten Leiter von begrenztem Umfange mit irgend einem Elemente derselben in Verbindung, so geht eine Menge von Elektricität darauf über, wie wenn dieses Fluidum über den ganzen Umfang der Säule mit einer, derjenigen an der Berührungsstelle gleichen Dichtigkeit verbreitet wäre.

Alle diese Eigenschaften der Säule sind nothwendige Folgen des schon früher betrachteten Verhaltens eines einzelnen elektrischen Paares. Es sey  $u$  die Dichtigkeit der freien Elektricität an irgend einem Punkte der Säule;  $u'$  die in Folge der Berührung mit einem Körper, dessen elektrische Capacität  $R$  seyn mag, veränderte Dichtigkeit an dieser Stelle, so ist, wenn die elektrische Capacität der Säule selbst mit  $r$  bezeichnet

wird:  $(u - u')r = u'R$ . Daher  $u' = \frac{ur}{R + r}$ . Wäre z. B.  $R = r$ ,

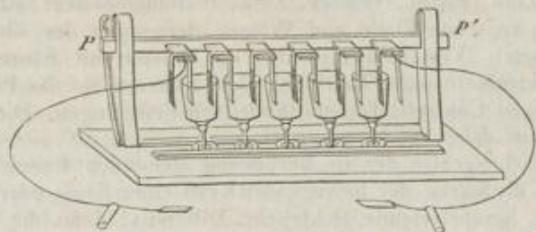
so entweicht von jedem Elemente eine der Dichtigkeit  $\frac{u}{2}$  entsprechende Elektricitätsmenge.

Obschon der Grad elektrischer Verdichtung der durch Zusammensetzung einer genügenden Anzahl Erregerpaare erzielt werden kann, theoretisch betrachtet ohne Grenzen ist, so würde doch, um mittelst einer Säule Elektricität von der Dichte zu gewinnen, wie man sie z. B. auf dem Conductor der Maschine erhält, eine außerordentlich grofse Anzahl Paare erforderlich seyn. Bei den trockenen Säulen, da sie keinen grofsen Raum einnehmen und ihre Wirksamkeit lange Zeit (unter günstigen Umständen viele Jahre hindurch) anhält, lässt sich die Aufeinander-schichtung sehr vieler Paare am leichtesten bewerkstelligen. Man hat an mehreren Orten solche Säulen aus 8 — 10tausend Paaren zusammengesetzt, deren Wirksamkeit kräftig genug war, um, wenn der eine Pol mit der Hand gefasst wurde, aus dem andern kleine Funken in Menge

ausziehen zu können. Mit Hülfe eines elektrischen Verstärkungsapparates (Franklin'sche Tafel, Condensator) kann man indessen auch die Elektricität kleinerer Säulen bis zum Ueberspringen eines lebhaften Funkens verdichten; und da die von der Säule abgeleitete Elektricität sich mit Schnelligkeit immer wieder ersetzt, so lassen sich solche Versuche oft hinter einander wiederholen.

Elektrische Ketten, aus Metallen und Flüssigkeiten zusammengesetzt, können ohne große Umstände nicht sehr viele Glieder enthalten. Die freie Elektricität an ihren Polen äußert aus diesem Grunde in der Regel (unmittelbar) selbst auf die empfindlichsten Goldblattelektrometer keine sichtbare Wirkung. Um das statische Verhalten einer nassen Säule zu prüfen, lässt sich daher der Condensator nicht entbehren. Fig. 67 zeigt eine kleine zusammengesetzte Kette, die so eingerichtet ist, dass mittelst Leitungsdrähten jedes Glied derselben für sich, oder

Fig. 67.



auch mehrere oder alle Glieder zusammen mit dem Condensator verbunden werden können. Sämmtliche zusammengelöthete Zink- und Kupferstreifen hängen auf hervorstehenden, gefirnisten Zungen einer Latte  $PP'$ , die zwischen Einschnitten der Pfeiler  $P$  und  $P'$  auf und nieder beweglich ist. Die Metalle können auf diese Weise gleichzeitig in die Flüssigkeiten eingetaucht und gleichzeitig wieder herausgenommen werden; eine Anordnung, welche deshalb nothwendig ist, weil nasse Säulen nur kurze Zeit in voller Wirksamkeit bleiben. Je ein Kupferstreifen mit dem Zinkstreifen des folgenden Paares tauchen in die Flüssigkeit desselben Becherglases, wodurch die Ordnung: Zink, Kupfer, Flüssigkeit, Zink u. s. f. hergestellt wird. Die Elektricität an den Polen dieser Säule, die mit Bequemlichkeit aus nicht mehr als 20—30 Gliedern bestehen kann, ist so schwach, dass das Holz im lufttrockenen Zustande als vollkommener Nichtleiter dafür angesehen werden kann.

Wird der Condensator nach einander durch ein, zwei, drei und mehr Paare geladen, so findet man, was sich bei der trockenen Säule schon durch die unmittelbare Einwirkung auf das Elektrometer gezeigt hat, dass die Ladungen der Anzahl der Paare proportional sind, und dass also die elektrische Differenz von einem Paare zum andern sich stufenweise vergrößert. Es ist bei diesen Versuchen ganz gleichgültig, ob die Leitungsdrähte beide oder ob nur einer derselben isolirt zu dem Condensator geführt wird. Man sieht hieraus, dass die elektrische Differenz der ganzen Kette, gleich wie die eines einzigen Gliedes derselben, eine beständige Größe ist.

Wird irgend ein Glied der Kette in verkehrter Ordnung eingeschaltet, d. h. in der Reihe: Kupfer, Zink, Flüssigkeit, Zink, Kupfer; so ist die elektromotorische Kraft desselben derjenigen des übrigen Theils

der Kette entgegengesetzt, und hebt folglich einen Theil davon auf. Z. B. eine Säule von 20 Paaren, worunter das eine verkehrt eingesetzt ist, besitzt die elektrische Differenz von nur 18 Paaren.

Die elektrische Kraft der Säule ändert sich begreiflicher Weise auch mit der Natur der Stoffe, woraus sie gebildet ist. Vertauscht man z. B. das Kupfer mit Platin oder besser noch mit Kohle, so vergrößert sich unter sonst gleichen Verhältnissen die elektrische Differenz, weil diese Körper in der Spannungsreihe weiter als das Kupfer von dem Zink entfernt liegen.

Die Beschaffenheit der Flüssigkeit ist nicht weniger von Bedeutung, weil verschiedene Flüssigkeiten auf die eingetauchten Metalle eine sehr ungleiche elektrische Einwirkung äufsern. Z. B. das Platin wird vom Wasser in geringem Grade negativ, von verdünnter Schwefelsäure aber, und mehr noch von Salpetersäure positiv erregt. Das Zink wird negativ bei der Berührung mit Wasser und Säure. In einer Kette nach der Ordnung: Zink, Platin, Wasser, Zink, zusammengestellt, ist folglich die Einwirkung zwischen Platin und Wasser derjenigen der übrigen Stoffe entgegengesetzt. Vertauscht man aber das Wasser mit Säure, so addirt sich die elektromotorische Thätigkeit der letzteren auf das Platin zu den an den übrigen Contactstellen stattfindenden Erregungen. Die elektrische Differenz muss daher wachsen.

Die Flächengröße der in Berührung stehenden Leiter hat keinen Einfluss auf die Stärke der bewegenden Kraft einer Säule oder auf die an ihren Polen hervortretende elektrische Differenz; denn die Stärke der Erregung an jeder Contactstelle hängt nicht von der Anzahl Berührungspunkte, sondern lediglich von der chemischen Natur der in Berührung stehenden Stoffe ab. Mit der Zahl der Berührungspunkte vermehren sich aber die Uebergangsstellen für das erregte elektrische Fluidum; wenn unvollkommene Leiter, wie Flüssigkeiten, Bestandtheile einer Kette bilden, äufsert daher die Flächengröße einen wesentlichen Einfluss auf die Schnelligkeit, womit die entladene Säule ihre frühere Ladung wieder annimmt. Man begreift demnach; dass, um recht große Mengen von Elektricität mittelst einer elektrischen Kette in Bewegung setzen zu können, es nothwendig wird, Metallflächen (z. B. Zink und Kupferstreifen) von bedeutendem Umfange, einander gegenüber in die Flüssigkeit einzutauchen, ungeachtet die Wirkung auf das Elektrometer nicht im Geringsten dadurch verstärkt werden kann. Mannichfaltig veränderte Formen, die man im Laufe der Zeit der elektrischen Säule gegeben hat, sollten hauptsächlich bezwecken, für die entwickelten Elektricitäten aus dem Raume der Säule selbst einen möglichst erleichterten Abfluss zu gewinnen.

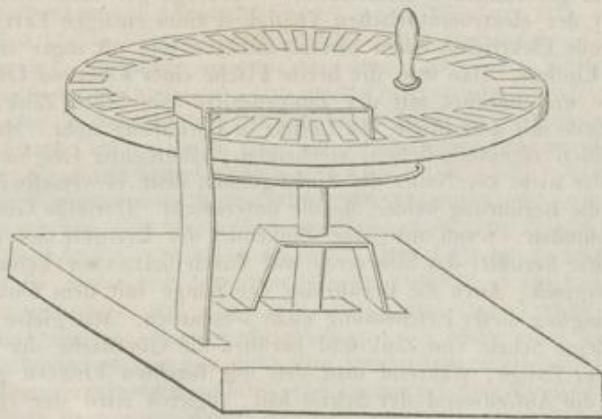
Die elektrische Spannung an den Endpunkten selbst der größten nassen Säulen, die man bis jetzt erbaut hat, ist so gering, dass die dünnste messbare Luftschicht den Uebergang beider Elektricitäten zu einander vollkommen unterbricht. Im Augenblicke der Verbindung oder Trennung beider Pole zeigt sich gleichwohl die Erscheinung eines Funkens. Um diesen Schließungs- oder Trennungs-Funken bei einer kleinen und nur aus wenigen Paaren bestehenden Säule sichtbar zu machen, ist es nöthig, den Uebergang der Elektricität von einem Ende zum andern durch gut leitende Spitzen zu vermitteln. Man pflegt an der Kupferplatte des einen Pols eine Vertiefung anzubringen, groß genug, um einen dicken Tropfen Quecksilber aufnehmen zu können. In diesen wird dann ein dünner, am andern Pole angelötheter Kupfer- oder Platindraht ein-

getaucht und wieder herausgezogen. Jede solche Schließung oder Trennung der Säule bewirkt einen Funken.

Viele und große Paare erzeugen, oftmals hinter einander, Funken von so lebhaftem Glanze, dass sie mitten in der Flamme einer Kerze sichtbar bleiben. Uebrigens hat man gefunden, dass wenige recht große Paare das Auftreten starker Funken weit mehr begünstigen, als eine größere Anzahl von kleinem Umfange. Aus dem Allen lässt sich die Folgerung ziehen, dass der Schließungs- und Trennungsfunken weniger eine stark gespannte Elektricität als vielmehr recht große Elektricitätsmengen erfordert.

Wenn man beide Pole gleichzeitig mit den (durch Salzwasser befeuchteten) Fingern berührt, empfindet man im ersten Augenblicke einen eigenthümlichen Nervenreiz, der, unter dem Einflusse einer sehr starken Säule bewirkt, der Empfindung eines schwachen elektrischen Schlages ganz ähnlich ist. Dieser Reiz ist nur momentan, selbst wenn die Berührung fort dauert. Aber jede Wiederholung des Versuchs, so oft und so schnell hinter einander es geschehen mag, erneuert die Empfindung; und diese Eindrücke in schneller Folge auf einander lassen sich bis in's Unerträgliche steigern. Dabei bemerkt man in den Theilen des Körpers, die als Verbindungsglied beider Pole der Kette dienen, eine zitternde Bewegung und ein fort dauerndes Zusammenziehen und Wiederausdehnen der Muskeln. Zur Anstellung dieser Versuche eignet sich vorzugsweise das von Neeff ersonnene Blitzrad. (Pogg. Ann. 36, S. 352.) Eine horizontale Kupferscheibe (Fig. 68)  $1\frac{1}{2}$  Linie dick,  $6\frac{1}{2}$  Zoll im Durchmesser, dreht sich um eine

Fig. 68.



verticale Axe, die, ebenfalls von Kupfer, mit der Scheibe aus einem Stücke besteht. Ein Messingbügel, der auf einem Brette befestigt ist, hält sie in ihrer Richtung. In der Mitte hat dieses Brett eine Vertiefung, mit Kupfer ausgefüllt, worin die conisch zugespitzte Axe sich dreht, und in welche etwas Quecksilber gegossen wird, um mittelst des eingesenkten Leitungsdrahtes eine innige metallische Verbindung des einen Pols einer Säule mit der horizontalen Scheibe zu bewerkstelligen. Am Rande der Scheibe sind 36 Oeffnungen angebracht, von  $3-4\frac{1}{2}$  Lin. Breite und in der Richtung der Radien 10 Lin. Länge; sie sind sämmtlich mit har-

tem glatten Holze ausgefüllt und lassen zwischen sich nur schmale metallische Uebergänge. Seitwärts befindet sich ein 7 Linien breiter,  $\frac{1}{2}$  Linie dicker Kupferstreifen, dessen eines Ende auf einem Fusse von erforderlicher Haltbarkeit befestigt ist, während das andere umgebogene Ende auf dem Rande der Scheibe, so wie die Figur zeigt, ruht. Mit diesem Streifen wird der andere Pol der Säule verbunden. — Man sieht, dass in Folge dieser Anordnung bei jeder Umdrehung der Scheibe die elektrische Kette 36mal geschlossen und wieder geöffnet wird. Da nun in jeder Secunde leicht mehrere Umdrehungen stattfinden können, so kann man es leicht dahin bringen, diese Abwechselungen äußerst schnell auf einander folgen zu lassen. Jede Schließung oder Trennung bewirkt den Uebergang eines Funkens, daher bei Anwendung starker Säulen und bei schneller Umdrehung ein ununterbrochener Strom glänzenden Lichtes von den Entladungstreifen zu der Scheibe überzutreten scheint.

Um mit diesem Apparat den elektrischen Nervenreiz zu verstärken, fülle man zwei Becher von Metall mit schwach gesäuertem oder Salzwasser und verbinde den einen mittelst eines Leitungsdrahtes mit dem Blitzrade, den andern mit dem Pole einer kräftigen elektrischen Säule, deren anderes Ende mit dem andern Ausgangspunkte des Blitzrades in Verbindung steht. Man taucht dann die Finger zugleich in beide Becher, während die Scheibe gedreht wird. Man hat es ganz in seiner Gewalt, durch Vergrößerung und Vermehrung der elektrischen Paare, so wie, bis zu einer gewissen, sehr bald erreichten Grenze hin, durch Beschleunigung der Umdrehung, den Effect beliebig zu verstärken.

Auf die empfindlicheren Theile des Organismus äußert schon die mittelst der gewöhnlichen elektrischen Werkzeuge gar nicht wahrnehmbare, von der elektromotorischen Thätigkeit eines einzigen Erregerpaares abstammende Elektricität einen unverkennbaren und oft sogar sehr auffallenden Einfluss. Man lege die breite Fläche eines silbernen Löffels auf die Zunge und berühre mit der Zungenspitze ein Stück Zink, dessen anderes Ende mit dem Stiele des Löffels in Berührung steht. Man wird sogleich einen eigenthümlichen, stechenden, säuerlichen Geschmack empfinden, der nicht zur Natur des Zinks gehört, denn er verschwindet, so wie man die Berührung beider Metalle unterbricht. Derselbe Geschmack wird empfunden, wenn man das Zinkende des Erregerpaares mit der Zungenspitze berührt, das Silberende mit durch Salzwasser befeuchteten Fingern ergreift. Auch die Berührung der Zunge mit dem Zink ist zur Hervorbringung dieser Erscheinung nicht wesentlich. Man gieße Wasser in eine kleine Schale von Zink und berühre die Oberfläche der Flüssigkeit mit der Zunge, während man den mit feuchten Fingern gefassten Löffel an die Außenwand der Schale hält; sogleich wird der säuerliche brennende Geschmack entstehen.

Man halte ein Stück reines Zink zwischen die Augenlider. So oft man dasselbe mit einem Stücke Silber, das mit feuchten Fingern gehalten wird, berührt, oder die Verbindung wieder trennt, bemerkt man vor den festgeschlossenen Augen einen Lichtblitz.

Man lege auf die Mitte einer ziemlich großen Zinkscheibe einen Thaler und auf diesen einen Blutegel. So wie dieser, im Begriffe herunterzukriechen, mit dem Zink in Berührung kommt und dadurch die Kette schließt, wird er convulsivisch zurückprallen. Aehnliche Muskelcontractionen hat man bei vielen Thieren hervorgebracht; bei einzelnen Gliedmaßen sogar noch eine kurze Zeit nach dem Tode. Kaltblütige Thiere,

insbesondere Frösche, behalten ihre elektrische Erregbarkeit noch Stunden lang nach dem Tode. Froschschenkel, bei welchen die Nerven bloßgelegt sind, zeigen gegen jede elektrische Einwirkung einen so hohen Grad der Empfindlichkeit, dass man sie früher als das geeignetste Hülfsmittel zur Wahrnehmung elektromotorischer Thätigkeit benutzt hat.

Der elektrische Nervenreiz gab die erste Veranlassung zur Entdeckung der Berührungselektricität. Diese Entdeckung ist im Jahre 1790 von Aloysius Galvani, Professor der Anatomie zu Bologna, ganz zufällig gemacht worden. Er bemerkte, dass präparirte Froschschenkel, die mittelst kupferner Haken an einem eisernen Gitter aufgehängt waren, in Zuckungen geriethen, sobald sie mit dem Eisen in Berührung kamen; und da er schon früher die Beobachtung gemacht hatte, dass ähnliche Zuckungen oder Muskelzusammenziehungen durch die Maschinenelektricität beim Durchgange durch die Nerven eines eben erst getödteten Frosches bewirkt wurden, so fiel er sogleich auf die Idee, dass auch bei der neuen Erscheinung, die sich ihm darbot, die gleiche Wirkung durch die gleiche Ursache hervorgerufen sey. Nach seiner Vorstellung bildete aber der thierische Organismus selbst die Quelle dieser Elektricität; er dachte sich Nerven und Muskeln, ähnlich den Belegungen einer Leydener Flasche, mit entgegengesetzten Elektricitäten beladen, deren Uebergang zu einander durch den metallischen Leiter vermittelt werde. Galvani's Entdeckung verbreitete sich sehr schnell, und die von ihm hypothetisch angenommene thierische Elektricität wurde Galvanismus, auch Galvanische Elektricität genannt. Galvani's Hypothese wurde indessen von Alexander Volta in Pavia, im Jahre 1797 auf das Bestimmteste widerlegt, indem er bewies, dass zur Hervorbringung galvanischer Erscheinungen eine Combination von wenigstens drei verschiedenartigen zu einer in sich selbst zurückkehrenden Kette verbundenen Leitern erforderlich sey. Zwei davon, oder auch nur einer dürfen Metalle seyn; das thierische Glied, z. B. ein präparirter Froschschenkel, bildet den dritten. Volta zeigte dann mittelst des Strohalm-Elektrometers und des von ihm erfundenen Condensators, dass die Berührungsstellen verschiedenartiger Leiter die eigentliche Quelle dieser Elektricität sind, welche Galvani irriger Weise in dem thierischen Organismus suchte und in welcher er, so wie nach ihm viele seiner Anhänger, das eigentliche Princip der Lebensthätigkeit entdeckt zu haben hofften. Zwei Körper, an deren Contactstelle der elektrische Zersetzungsprocess vorgeht, nannte Volta einen Elektromotor; er wies zuerst nach, dass irgend zwei verschiedenartige Leiter, in Berührung gebracht, die Stelle eines Elektromotors übernehmen, so wie dass diese ihre wechselseitige Einwirkung erst mit der Trennung wieder aufhört. Er bemerkte, dass die Körper hinsichtlich ihrer Erregungsfähigkeit sich gleichwohl auf zwei wesentlich verschiedene Weisen verhalten, und theilte demnach die Leiter der Elektricität in zwei Klassen. Als Leiter der ersten Klasse bezeichnete er die Metalle, Kohle, Graphit, Braunstein, kurz die in der Spannungsreihe enthaltenen Körper. Zur zweiten Klasse gehören alle übrigen, namentlich die flüssigen Leiter. Volta erklärte, warum die Leiter der ersten Ordnung, zu einem Ringe, nämlich zu einer in sich selbst zurückkehrenden Kette verbunden, ihre Wirkungen wechselseitig zernichten, und bewies, dass die Möglichkeit, einen Kreislauf, d. h. einen wechselseitigen Uebergang der erregten Elektricitäten zu einander in der geschlossenen Kette hervorzu bringen, wesentlich an die Eigenschaft der flüssigen Leiter geknüpft ist,

keine Stellung in der Spannungsreihe einzunehmen. Die richtige Einsicht in dieses Verhalten führte Volta bald auf den Gedanken, durch Zusammenstellung mehrerer Paare eine verstärkte Elektrizität zu gewinnen; und so entstand der zusammengesetzte elektromotorische Apparat, welcher nach dem Namen seines Erfinders Volta'sche Säule oder Batterie genannt wurde. Er selbst schon hielt sich übrigens nicht ausschließlich an die Form der Säule, sondern gebrauchte auch die Fig. 67 dargestellte Abänderung seines Apparates, den sogenannten Becherapparat. Trockene Säulen wurden einige Jahre später, wie es scheint, zuerst von Ritter erbaut. Deluc und noch später (1816) Zamboni haben von Neuem die Aufmerksamkeit darauf gelenkt, indem sie dieselben zur Hin- und Herbewegung eines Pendels zwischen beiden Polen benutzen. Die trockene Säule wird daher sehr häufig nach dem einen oder andern, insbesondere nach dem letzteren dieser Physiker benannt.

Ungeachtet die Hypothese der galvanischen Nerven-Elektrizität, Volta's scharfsinnigen experimentellen Forschungen gegenüber ihren Boden verlor, so ist doch der Name Galvanismus (siehe diesen Artikel) bis auf die neueste Zeit beibehalten worden. Gegenwärtig bezeichnet man aber damit hauptsächlich: die bewegte Elektrizität oder den Kreislauf in der elektrischen, auch sogenannten galvanischen Kette. Daher die Ausdrücke: galvanische Wirkungen, galvanische Erscheinungen, für Wirkungen und Erscheinungen in der geschlossenen elektrischen Kette.

Weniger üblich, aber doch hier und da angewendet ist der Name Volta'sche Elektrizität statt Berührungselektrizität, oder der durch die Säule verstärkten Berührungselektrizität.

Was den weiteren Verlauf des wissenschaftlichen Kampfes über den Ursprung des Galvanismus betrifft, so vergleiche man die Artikel: chemisch-elektrische Theorie und Contact-Theorie. B.

Elektrizität durch Berührung s. Elektrizität S. 834.

Elektrizität durch Reibung s. Elektrizität S. 832.

Elektrizität, Galvanische, s. Galvanismus.

Elektrizität, Volta'sche, gleichbedeutend mit Elektrizität durch Berührung.

Elektrische Batterie s. elektrische Flasche.

Elektrisches Licht. Die Entstehung des elektrischen Lichtes ist immer die Folge eines durch den Widerstand schlechter Leiter erschweren Uebertritts beider Elektrizitäten zu einander. Dasselbe zeigt sich am charakteristischsten, wenn die Entladung der sich anhäufenden Elektrizitäten so lange ganz oder doch beinahe ganz aufgehalten ist, bis sie eine zur Ueberwindung des Hindernisses hinlänglich grofse Spannung erreicht haben. Die plötzlich eintretende Entladung ist dann immer von einer augenblicklichen mehr oder weniger lebhaften Lichterscheinung, dem elektrischen Funken, begleitet. Der Funke wird unter diesen Umständen, beim plötzlichen Durchgange der Elektrizität durch Wasser, Oel, Alkohol, insbesondere aber bei der Entladung durch gasförmige und dampfförmige Körper erhalten.

Das eigentliche Wesen des elektrischen Funkens ist bis jetzt nicht

genügend aufgeklärt; als ausgemacht lässt sich jedoch annehmen, dass das Leuchten desselben die Folge eines Erglühens materieller Theile ist, denn der Funkenübergang ist stets von einer nachweisbaren und oft sehr beträchtlichen Wärmeentbindung begleitet. Man erkennt dies unter anderen daraus, dass brennbare Gasgemenge von den durchschlagenden Funken wenigstens bis zu ihrer Entzündungstemperatur erhitzt werden können. Das Leuchten des elektrischen Funkens hat insofern einige Analogie mit dem durch die elektrische Entladung bewirkten Erglühlen von Kohlenspitzen und dünnen Metalldrähten, deren Masse bei an und für sich guter Leitfähigkeit zu gering ist, um sehr große Elektrizitätsmengen ohne Aufenthalt durchlassen zu können.

Mehrere Physiker sind der Meinung, dass bei dem Uberspringen des Funkens die Lufttheile selbst in den glühenden Zustand versetzt würden; andere halten für wahrscheinlicher, dass das elektrische Licht durch glühende fortgeführte Theilchen des Leiters, aus dem es hervorbricht, entstehe. Für die erstere Ansicht scheint der Umstand zu sprechen, dass die Färbung des elektrischen Lichtes in verschiedenartigen Gasen und Dämpfen nicht immer gleich bleibt, so wie dass der Glanz desselben in verdichteter Luft sich vermehrt, in verdünnter Luft aber abnimmt.

Man hat lange Zeit geglaubt, dass der Funke immer von dem positiv elektrisirten Leiter zu dem negativen übergehe. Durch Versuche von Wheatstone ist es jedoch jetzt außer Zweifel gesetzt, dass bei dem Entladungsschlage einer elektrischen Batterie der Funke gleichzeitig von beiden Belegungen ausbricht (Pogg. Ann. Bd. 34, S. 464). Derselbe Physiker hat auch die Zeitdauer des elektrischen Funkens zu bestimmen gesucht, und hat gefunden, dass bei der Entladung stark gespannter Elektrizität die Dauer des Funkens weniger als ein Milliontel einer Secunde beträgt. Die Dauer der Lichterscheinung, wenn auch immer noch außerordentlich kurz, wird doch bemerkbar verlängert, wenn der elektrische Strom vor der Entladung unvollkommene Leiter durchdringen oder zwischen Spitzen übergehen muss. Gleichbleibende Bewegungshindernisse vorausgesetzt, vermindert sich die Zeit der Entladung und wahrscheinlich auch die Dauer des Funkens bei zunehmender Dichtigkeit der angehäuften Elektrizität.

Der Glanz des elektrischen Lichtes wächst mit der Menge und Dichtigkeit der (immer durch dieselbe Luftschicht und zwischen denselben Körpern) sich entladenden Elektrizität. Die Länge des Funkens, die Schlagweite, steht im geraden Verhältnisse zur Dichtigkeit der elektrischen Anhäufung; z. B. von einer beliebig gewählten Stelle des Conductors der Maschine lassen sich zwei-, dreimal so lange Funken ziehen, wenn die über die Oberfläche des Conductors verbreitete Elektrizitätsmenge sich verdoppelt oder verdreifacht hat. Die Schlagweite ist aber auch von der Gestalt der einander gegenüberstehenden Leiter abhängig. Zwischen Kugeln von grossem Durchmesser ist sie am kleinsten. Sie nimmt zu, wenn einer groszen Kugel eine kleinere entgegengestellt wird; die Funken sind aber dann weniger glänzend und bei der grössten möglichen Schlagweite von zickzackiger Gestalt. Um aus dem Conductor einer Elektrisirmaschine Funken von möglichst großer Länge auszuziehen, muss (Riefs) der 2 — 3 zölligen Endekugel des Conductors eine große, z. B. 9 zöllige Metallscheibe genähert werden.

Aus dem negativen Conductor der auf gewöhnliche Weise eingerichteten Elektrisirmaschine lassen sich keine so lange Funken ausziehen, als aus dem positiven; weil die sich anhäufende  $-E$  wegen der Nähe der über die Glasfläche ausgebreiteten  $+E$  keine so große Spannung gewinnen kann, als die  $+E$  des positiven Conductors, obschon beide immer in gleicher Menge entwickelt werden müssen.

In verdünnter Luft vermehrt sich die Schlagweite des Funkens fast in geradem Verhältnisse zu der Verdünnung. Wenn man aus einem Glasylinder von beliebiger Länge, der an beiden Enden durch Metallfassungen hermetisch geschlossen ist, die Luft so weit entfernt, als es mittelst einer guten Luftpumpe möglich ist, wenn man sodann das eine Ende dieses Rohrs in die Hand nimmt, das andere an den Conductor der Maschine hält, so geht der elektrische Strom durch die ganze Länge des Rohrs, unter Entwicklung eines matten, bläulichen Lichtes, das den ganzen inneren Raum ununterbrochen zu erfüllen scheint, so lange die Maschine im Gange bleibt. Wheatstone hat jedoch bestimmt nachgewiesen, dass diese Lichterscheinung nicht continuirlich, sondern eine Folge einzelner Blitze ist. Man sieht hieraus, dass der Durchgang nicht ganz ohne Widerstand stattfindet. Um den Glanz dieser Lichtentwicklung möglichst lebhaft zu machen, muss man das luftleere Rohr 1 bis 2 Linien von dem Conductor entfernt halten, so dass die Elektrizität nur in Form von Funken überströmen kann. — Durch die von Luft ganz freie Barometerleere bewegt sich die Elektrizität ebenfalls mit Leichtigkeit, aber unter Entwicklung eines grünlichen Lichtes, das man dem Erglühen von Quecksilberdämpfen zuschreibt.

Wenn der Zusammenhang eines metallischen Leiters, durch welchen Elektrizität von ziemlich starker Spannung sich fortpflanzen muss, an verschiedenen Stellen unterbrochen ist, so entsteht an jeder dieser Trennstellen ein Funke. Wird z. B. ein schmaler Stanniolstreifen mit einem scharfen Messer, so wie die Figur zeigt, ausgeschnitten, so wird an jedem Durchkreuzungspunkte zweier Schnitte während des Durchganges der Elektrizität ein Funke sichtbar. Führt man daher einen in dieser Weise ausgeschnittenen Stanniolstreifen in einer Schraubenlinie um eine Glasröhre herum, oder bildet man damit auf einer Glas-tafel beliebig gestaltete Figuren, berührt man das eine Ende derselben mit dem Finger und hält das andere an den elektrisirten Conductor, so treten im verdunkelten Zimmer durch die zwischen den verschiedenen Trennstellen überschlagenden Funken alle Windungen des metallischen Streifens hervor.



B.

**Elektrische Pistole.** Eine physikalische Spielerei, die auf der Eigenschaft eines Wasserstoff-Sauerstoff-Gemenges, durch den elektrischen Funken entzündet und, in Folge der bei der Verbrennung erzeugten hohen Temperatur, stark ausgedehnt zu werden, beruht. Ein Rohr von Holz oder lackirtem Blech ist am einen Ende zu, am andern mit einem Korkstöpsel verschließbar. Ungefähr in der Mitte desselben gehen zwei einander gegenüberstehende Metalldrähte, die aufsen in Kugeln endigen, isolirt in den innern Raum ein. Ist nun dieser Raum mit dem erwähnten Gasmengenge, oder auch nur mit Luft und Wasserstoff

gefüllt und lässt man zwischen beiden Drähten den elektrischen Funken durchschlagen, so wird der Stöpsel mit einem Knalle herausgetrieben.

B.

Elektrische Kette, gleichbedeutend mit Galvanischer Kette. Siehe Elektrizität Seite 839.

B.

Elektrische Flasche; Verstärkungsflasche; auch Leydener oder Kleist'sche Flasche. Eine Geräthschaft, welche dazu dient, die elektrische Capacität eines Leiters zu vergrößern, ohne doch verhältnissmäßig seine Oberfläche zu erweitern.

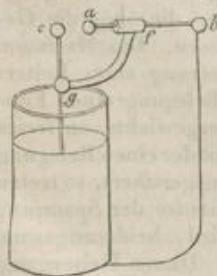
Man denke sich eine dünne Glasscheibe auf beiden Seiten, bis etwa zwei Zoll vom Rande abstehend, mit Zinnfolie belegt. — Man verbinde die eine Belegung (*A*) mit dem positiven Conductor einer Elektrisirmaschine; freie  $+E$  wird sich darauf ansammeln und durch das Glas vertheilend auf die andere metallische Belegung (*B*) einwirken.  $+E$  kann folglich auch von dieser abgeleitet werden, während die früher damit vereinigt gewesene  $-E$  durch die  $+E$  der Belegung *A* gebunden wird. Die elektrische Bindung ist aber wechselseitig. Die auf *A* angesammelte  $+E$  verliert daher, in der Richtung gegen den Conductor hin, ebenfalls einen Theil ihres Repulsionsvermögens. Folglich neuer Zudrang von  $+E$  von dieser Seite her; und von Neuem kann auch aus der Belegung *B* ein Funken gezogen werden, und so fort, bis das auf der Belegung *A* erforderliche, durch die Dicke des Glases bedingte Uebergewicht an freier Elektrizität das Maximum der Dichtigkeit, welche dem Conductor an dieser Stelle überhaupt ertheilt werden kann, angenommen hat. Auf der belegten Glasscheibe kann also, bei gleicher Flächengröße, eine ungleich größere Menge von Elektrizität angehäuft und verdichtet werden, als auf dem Conductor, ohne dass doch ihr Repulsionsvermögen und mit diesem ihr Bestreben zu entweichen sich vergrößert hat. Uebrigens erkennt man zugleich, dass die ganze Menge der auf diesem Wege gesammelten Elektrizität mit der auf dem Conductor zur Zeit des Versuches zu bewirkenden elektrischen Dichtigkeit in geradem Verhältnisse steht.

Wird die Belegung *B* während des Betriebes der Maschine in leitende Verbindung mit der Erde oder mit dem negativen Conductor gesetzt, so müssen die eben beschriebenen Wirkungen in unausgesetzter Folge eintreten. Man bemerkt dann, dass die Belegung *A*, die mit dem positiven Conductor in Berührung steht, anfangs fast alle Elektrizität desselben aufnimmt, so dass das Henley'sche Elektrometer nur einen sehr geringen Ausschlag giebt. Die Spannung steigt aber allmählig und erreicht nach einigen Umdrehungen dieselbe Größe, die ohne die Gegenwart der belegten Scheibe hätte eintreten müssen. Das Maximum der Ladung ist dann eingetreten. Durch Annäherung eines Leiters kann man abwechselnd aus der einen und andern Belegung einen Funken ziehen, dessen Stärke dem jedesmaligen Uebergewichte an freier Elektrizität entspricht. Wird ein guter Leiter, der mit der einen Belegung in unmittelbarer Berührung steht, der andern Belegung genähert, so treten bei einem gewissen Abstände, welcher je nach der Größe der Spannung verschieden ist und die Schlagweite genannt wird, beide angesammelten Elektrizitäten auf einmal zu einander über. Dieser Uebergang, der elektrische Schlag, ist von einem weit stärkeren Funken, als ihn der Conductor liefern kann und einem verhältnissmäßig starken

Knalle begleitet. Häufig gehen beide Fluida schon während der Ladung und bevor noch das Maximum der Spannung erreicht ist, plötzlich vollständig zu einander über. Eine solche freiwillige Entladung findet Statt, wenn der nicht belegte Rand der Glastafel nicht breit genug, oder nur unvollkommen trocken, oder aus irgend einem andern Grunde nicht isolirend genug ist. Gewöhnlich treten bei der Entladung die beiden angehäuften Elektricitäten, selbst wenn die Belegungen einen Augenblick in metallischer Verbindung standen, nicht vollständig zu einander über. Das Bestreben beider Principe, einander so nahe wie möglich zu kommen, bewirkt nämlich, dass sie sich während der Ladung nicht sowohl in den Metallbelegungen als vielmehr in den Glasflächen darunter ansammeln. Die metallische Hülle mit dem Glase in inniger Berührung, dient dann gleichsam nur, um im Augenblicke der Verbindung beider Belegungen, den gleichzeitigen Abfluss der Elektricität von allen Punkten, wo sie sich eingenistet hatte, zu vermitteln. Der Rücktritt beider Flüssigkeiten aus dem Glase geht gleichwohl nicht ohne Widerstand vor sich, und so erklärt es sich, dass die vollständige Entladung eine gewisse messbare Zeit erfordert, während der die Stanniolflächen in leitendem Zusammenhange bleiben müssen. Daher findet man fast immer, dass nach der ersten Entladung noch eine zweite schwächere und zuweilen selbst noch eine dritte und vierte erhalten werden kann. Die beschriebene Vorrichtung wird die Franklin'sche Tafel genannt.

Die Leydener oder Verstärkungs-Flasche ist nur eine veränderte, für den Gebrauch bequemere Form der Franklin'schen Tafel. Ein Glasgefäß von dünnem Glase und weiter Oeffnung, z. B. ein Zuckerglas wird innen und außen bis zu 2 Zoll vom oberen Rande abstehend mit Zinnblatt bekleidet. Den unbelegt bleibenden Glasstreifen bestreicht man, um ihn möglichst isolirend zu machen, mit Schellackfirniß. Vom Boden der Flasche erhebt sich bis zu einigen Zollen über den Rand derselben ein dicker Metalldraht, der oben mit einem Knopfe versehen ist; sein Zweck ist die leitende Verbindung mit der innern Belegung zu erleichtern. Die Größe einer Leydener Flasche oder richtiger die Größe des metallischen Ueberzugs richtet sich nach der Kraft der Elektrisirmaschine. Mittelst kräftig wirkender Maschinen können Flaschen von 10 und mehr Quadratfuß Belegung durch wenige Umdrehungen vollständig geladen werden. Statt solcher großer Glasgefäße gebraucht man besser mehrere kleinere, deren äußere Belegungen

Fig. 69.



sämmtlich mit der Erde in Verbindung stehen, während die zu den inneren Belegungen führenden Drähte zu einem einzigen leitenden Systeme verbunden werden können. Eine derartige Verbindung mehrerer Verstärkungsflaschen wird eine elektrische Batterie genannt.

Eine besondere Art elektrischer Flasche (Fig. 69.) wird nach ihrem Erfinder Lane'sche oder nach ihrem Gebrauche Maafsflasche genannt. An dem von der inneren Belegung hervorgehenden Drahte ist ein gebogener Glasstab *gf* befestigt, der einen Draht *ab* trägt, welcher an beiden Enden mit Kugeln versehen ist. Dieser Draht ist in der Hülse, welche ihn hält, ver-

schiebbar; die Kugel *a* kann dadurch dem Knopfe der Flasche zu beliebigen messbaren Abständen genähert werden, während die Kugel *b* mit der äusseren Belegung in leitender Verbindung steht.

Man bringe die innere Belegung dieser Flasche in einen ununterbrochenen Zusammenhang mit dem ersten Conductor einer Elektrisirmaschine, die äussere Belegung, so wie den negativen Conductor der Maschine in möglichst gut leitende Verbindung mit der Erde, stelle die Kugeln *a* und *c* auf einen ganz geringen Abstand, z. B. nur auf 1 Linie Entfernung von einander, und setze die Maschine in regelmässigen Betrieb. Zwischen beiden Kugeln wird sehr bald ein Funken überspringen, d. h. es wird eine Entladung der Flasche stattfinden, lange bevor sich Elektrizität von bedeutender Dichtigkeit auf dem Conductor anhäufen und dadurch den Zutritt neuer Elektrizitätsmengen von der Glasfläche aus verhindern konnte. Während dieser Zeit muss daher alle oder doch fast alle durch die Maschine erzeugte positive Elektrizität in die Maassflasche übergegangen und durch deren Entladung in den natürlichen Zustand zurückgeführt worden seyn. Die für eine gewisse Anzahl Umdrehungen stattfindenden Entladungen der Maassflasche geben folglich einen Anhalt für die Menge der Elektrizität, welche zur Zeit der Beobachtung durch die Maschine erregt werden konnte. Die Kugeln, zwischen welchen die Funken überspringen, müssen stets metallisch rein erhalten werden, weil nur unter dieser Bedingung die Anzahl der Entladungen mit der sich entladenden Elektrizitätsmenge vergleichbar bleibt.

Riefs (Pogg. Ann. 40. S. 321.) hat ein Verfahren angegeben, um mittelst der Lane'schen Flasche die Stärke der Ladung einer elektrischen Batterie zu messen. Die äussere Belegung der Batterie wird isolirt und mit dem Innern der Maassflasche leitend verbunden. Die äussere Belegung der letzteren steht in vollkommen leitendem Zusammenhange mit der Erde. Bringt man nun den ersten Conductor in unmittelbare Verbindung mit dem Innern der Batterie und setzt die Maschine in Bewegung, so strömt ein Quantum Elektrizität zu der inneren Belegung der Batterieflaschen und bindet eine verhältnissmässige Menge des ungleichnamigen Fluidums der äusseren Belegung; eine genau eben so grosse Menge gleichnamige Elektrizität geht von der äusseren Belegung fort und verbreitet sich über alle damit verbundenen Leiter, hauptsächlich aber über das Innere der Maassflasche. Durch die Entladung der letzteren wird dann diese ganze Ableitung der Batterie in den natürlichen Zustand zurückgeführt, so vollständig, dass auf der äusseren Belegung mittelst der Prüfungsscheibe keine Spur von freier Elektrizität zu entdecken ist. Diese Wirkungen wiederholen sich bei fortgesetztem Betriebe der Maschine, und man sieht nun leicht, dass die Anzahl Entladungen der Lane'schen Flasche ein Maass ist für die Menge der von der äusseren Belegung der Batterie fortgegangenen Elektrizität und folglich auch ein Maass für die Stärke der Ladung, welche die letztere erhalten hat.

In Beziehung auf die Wirksamkeit nach aussen, der in einer Batterie angesammelten Elektrizität, hat Riefs folgende Sätze, deren Richtigkeit man früher nur aus theoretischen Gründen vermuthen konnte, experimentell bewiesen:

Die Kraft, womit eine die Innenseite der Batterie oder deren leitende Fortsetzung berührende, und folg-

lich durch dieselbe elektrisirte Kugel, abgestoßen wird, ist dem Quadrate der Dichtigkeit der angehäuften Elektrizität proportional.

Die Abstossung einer entfernten, im Voraus elektrisirten Kugel durch die Innenseite der Batterie ist der Dichtigkeit der angehäuften Elektrizität proportional.

Die Schlagweite der Batterie vermehrt sich wie die Dichtigkeit der angehäuften Elektrizität, d. h. wenn beide Belegungen mit zwei Kugeln verbunden sind, die einander zu beliebigen messbaren Entfernungen genähert werden können, so dass bei einer gewissen Stärke der Ladung der Funke zwischen beiden überspringen muss, so wird man finden, dass bei doppelter, dreifacher Anhäufung der Elektrizität in der Batterie, die Entladung schon bei dem doppelten, dreifachen Abstände der einander zunächst stehenden Punkte beider Kugeln erfolgt. Wenn die entladenden Leiter eine andere Gestalt als die kugelförmige besitzen, so ändert sich zwar die einer bestimmten elektrischen Anhäufung entsprechende Schlagweite, aber nicht das Gesetz ihrer Zunahme.

Obschon die Zeit, innerhalb der die Entladung einer Batterie erfolgt, außerordentlich kurz erscheint, so liegt es doch in der Natur der Sache, dass der Uebergang beider Elektrizitäten zu einander nur successiv, d. h. bei fortdauernder Verminderung des Betrags der Ladung stattfinden kann. Gleichwohl wird durch den elektrischen Schlag, und ohne dass während des Verlaufs desselben die Schlagweite sich ändert, bei weitem der größte Theil der angehäuften Elektrizitäten zernichtet. Man erklärt diese Erscheinung aus den Erfahrungssätzen: dass durch den überspringenden Funken die Luft erwärmt und folglich ausgedehnt wird und dass in verdünnter Luft die Schlagweite sich vergrößert.

Der elektrische Schlag einer kleinen Flasche, wenn er durch den menschlichen Körper geht, bewirkt eine heftige, schmerzhaft, aber nur augenblickliche Erschütterung. Befinden sich mehrere und selbst viele Personen in dem Kreise guter Leiter, durch welchen beide Elektrizitäten zu einander übertreten, so empfinden alle gleichzeitig, hauptsächlich in den Armgelenken, diesen eigenthümlichen Nerveneindruck. Verbindet man beide Belegungen mit einem dicken Metalldrahte, so empfindet man, selbst wenn der Draht mit beiden Händen gehalten wird, keine oder doch nur eine sehr geringe Einwirkung der sich entladenden Elektrizitäten.

Die Wirkung des elektrischen Schlags einer stark geladenen Batterie, oder auch nur einer einzigen grossen Flasche, auf den thierischen Organismus ist äußerst heftig und kann selbst gefährlich werden. Kleinere Thiere werden dadurch getödtet. Durch vollkommnere Leiter als den menschlichen Körper, z. B. durch Metalldrähte von beträchtlicher Dicke, entladen sich beide Elektrizitäten ohne wahrnehmbare Einwirkung. Dagegen jedes materielle Mittel, durch dessen Dazwischenkunft ihr Uebergang zu einander erschwert wird, ohne doch ganz gehindert werden zu können, erfährt, je nach seiner Leitfähigkeit und sonstigen Beschaffenheit, eine mehr oder weniger grosse Veränderung seines physikalischen oder chemischen Zustandes. Schlechte Leiter, wie trockenes Holz, Papier, Glas, Harz werden durchbohrt,

zerrissen, zersplittert und oft, wie durch eine bedeutende ausdehnende Kraft zersprengt und ihre Theile weithin fortgeschleudert. Verbrennliche Stoffe können dabei bis zur Entzündung erhitzt werden. Selbst gute Leiter, deren Querschnitt aber zu gering ist, um die vorhandene Elektrizitätsmenge ohne Aufenthalt durchlassen zu können, z. B. dünne Metalldrähte, werden erwärmt, bei sehr großer Feinheit sogar zum Glühen erhitzt, verbrannt. Flüssigkeiten, welche die Elektrizität leiten, z. B. Wasser, Salzlösungen, Säuren, erleiden theilweise eine chemische Zersetzung. In kleinen Mengen in Glasbehältern eingeschlossen, in die man die Elektrizitäten durch Metallspitzen einführt, können sie so stark und so plötzlich ausgedehnt werden, dass sie die Gefäße zersprengen. Die atmosphärische Luft und andere Gase werden durch den elektrischen Funken erwärmt und ausgedehnt, entzündliche Gemenge von Gasen oder Dämpfen dadurch entzündet. Auf die Leichtigkeit, womit Wasserstoffgas, gemengt mit Luft oder Sauerstoff, schon durch den schwächsten durchfahrenden Funken entzündet wird, gründet sich das Eudiometer von Volta und die bekannte elektrische Pistole. Auch Aetherdampf lässt sich schon durch einen aus dem Conductor gezogenen Funken in Flammen setzen. Man gieße zu dem Ende etwas Aether auf Wasser in ein außerhalb trockenes Glas, in welches ein von dem Conductor der Maschine ausgehender Draht eingesenkt ist. Nähert man hierauf einen Knöchel, so entzündet der aus der Flüssigkeit austretende Funken zuerst den Aetherdampf und dadurch den Aether selbst.

Eine sehr bequeme Geräthschaft, um die Wirkung der elektrischen Entladung auf einen Körper zu prüfen, ist der Henley'sche allgemeine Auslader. Zwei Metallstäbe sind auf isolirenden Säulen nach jeder Richtung beweglich und können mit ihren nach Erforderniss kugelförmigen oder zugespitzten Enden in beliebige Nähe zusammengerückt werden. Zwischen dieselben bringt man die Körper. Der eine Stab wird dann mit der äußeren Belegung der elektrischen Flasche in leitende Verbindung gesetzt, der andere dem Knopfe der inneren Belegung bis zum Ueberschlagen des Funkens genähert. Um z. B. Eisendraht zu verbrennen, windet man denselben um beide kugelförmige Enden der Stäbe. Man verschafft sich Draht von erforderlicher Dünne durch Eintauchen von Clavierdraht in verdünnte Salpetersäure. — Soll eine Glasscheibe durchbohrt werden, so lässt man die Stäbe des Ausladers in scharfe Spitzen ausgehen, zwischen welche die Scheibe gesetzt wird. Leydener Flaschen, deren Glaswände an verschiedenen Stellen ungleiche Dicke haben, werden zuweilen durch Selbstentladung durchbohrt. Das Loch, welches der elektrische Schlag in einer Glastafel oder in Spielkarten bewirkt, zeigt sich stets, wie wenn es aus der Mitte nach beiden Aufsflächen aufgerissen sey; insbesondere bemerkt man auf beiden Seiten der durchbohrten Spielkarte einen ausgehogenen Rand. — Streut man gepulvertes Kolophonium oder Schiefspulver auf eine nichtleitende Tafel zwischen beide Entladungsstäbe des allgemeinen Ausladers, so wird es durch den überschlagenden Funken einer stark geladenen Flasche entzündet.

In feuchter Luft, zumal bei vermindertem Luftdrucke, bewirkt der elektrische Funke eine theilweise Erzeugung von Salpetersäure.

Die Erwärmung dünner Metalldrähte durch den Entladungsschlag der elektrischen Batterie lässt sich mit Hilfe des Luftthermometers

dem Mafse nach bestimmen. Die Glaskugel des Luftthermometers ist zu diesem Zwecke mit zwei einander diametral gegenüberstehenden Oeffnungen versehen, auf welche durchbohrte Messingaufsätze gekittet sind, durch die die zu prüfenden Drähte eingeschoben werden können; eine dritte mittelst eines eingeriebenen Stöpsels luftdicht verschließbare Oeffnung, dient, das Gleichgewicht des äußern und innern Luftdrucks nach jedem Versuche wieder herzustellen<sup>1)</sup>. Wird nun der in der Kugel luftdicht eingeschlossene Draht dem Schließungsbogen der Batterie eingeschaltet, so lässt sich die Stärke seiner Erwärmung aus der dadurch bewirkten Ausdehnung der Luft ableiten. Mittelst eines solchen Apparates hat Riefs<sup>2)</sup> die Beobachtung gemacht, dass wenn der Schließungsbogen der Batterie aus mehreren ungleich beschaffenen Theilen zusammengesetzt ist, z. B. aus dickeren und dünneren, längeren und kürzeren Stücken von Metalldrähten, die Art ihrer Aufeinanderfolge, hinsichtlich der Wirkung auf das Luftthermometer ganz ohne Einfluss ist, wenn nur die Verbindungsweise der einzelnen Stücke immer dieselbe bleibt. Es gelang ihm dann in Betreff des Einflusses der Menge und Dichtigkeit der sich entladenden Elektrizität, der Zeit der Entladung, so wie der Länge und Dicke des Schließungsdrahtes, auf die Erwärmung desselben, folgende Gesetze festzustellen:

1) Die Temperaturerhöhung, welche durch die Entladung einer elektrischen Batterie im Schließungsdrahte hervorgebracht wird, ist proportional dem Producte der Quantität in die Dichtigkeit der angehäufteten Elektrizität.

2) Wenn gleich große Elektrizitätsmengen in gleicher Zeit durch Drähte gleichen Stoffes, aber von verschiedenen Dimensionen entladen werden, so erfährt jeder derselben eine Temperaturerhöhung, die unabhängig von der Länge des Drahtes und umgekehrt proportional der vierten Potenz seines Halbmessers ist. — In jedem Drahte wird also eine Wärmemenge frei, die sich direct wie die Länge und umgekehrt wie der Querschnitt desselben verhält.

3) Ändert sich die Zeit der Entladung, so ist die Erwärmung eines Drahtes der Dauer derselben umgekehrt proportional; durch Einschaltung von homogenen Drähten in den Schließungsbogen wird die Entladung um eine Zeit verzögert, welche der Länge des Drahtes direct, seinem Querschnitte umgekehrt proportional ist. B.

Elektrische Säule; gleichbedeutend mit zusammengesetzte elektrische Kette, siehe Elektrizität Seite 842.

Elektrischer Strom; so nennt man die im Bewegungszustande befindliche Elektrizität.

Elektrische Spannungsreihe, s. Elektrizität S. 834.

Elektrisirmaschine. Dieser Name kann im Allgemeinen einer jeden Vorrichtung gegeben werden, welche die Bestimmung hat, mit Beihülfe irgend einer äußeren Betriebskraft, Elektrizität in regelmäßig fortdauernder Weise zu erregen. Vorzugsweise versteht man aber darunter die Reibungs-Elektrisirmaschine, und nur von dieser soll hier die Rede seyn.

Sie besteht aus drei wesentlichen Stücken: einem schlechtleiten-

<sup>1)</sup> Dove's Repert. de Phys. Bd. II. S. 98.

<sup>2)</sup> Pogg. Ann. Bd. XL. S. 335 und Bd. XLIII. S. 47.

den Körper, der gerieben wird, einem guten Leiter, der als Reibzeug dient und einem zweiten guten Leiter, dem, vorzugsweise sogenannten Conductor, welcher bestimmt ist, die auf dem geriebenen Körper erregte Elektrizität zu sammeln. Das beste Material für den schlechten Leiter ist weißes, hartes Glas. Man verwendet es in Gestalt von runden Spiegelscheiben oder von hohlen Cylindern, die auf waagrecht liegenden Axen sitzen, um welche sie mittelst Curbeln gedreht werden können. Während der Umdrehung reiben sie sich an dem festliegenden, mäsig angedrückten Reibzeuge. Dieses besteht gewöhnlich aus geschmeidigem Leder, worauf eine Lage des Kienmaier'schen Amalgams (2 Theile Quecksilber, 1 Theil Zinn, 1 Theil Zink) mit etwas Schweinefett gemengt, gleichförmig ausgebreitet ist. Der so erhaltene metallische Ueberzug muss von Zeit zu Zeit erneuert werden, weil das Zink während des Gebrauchs sich oxydirt, wodurch, wie die Erfahrung lehrt, seine Wirksamkeit abnimmt. Der Conductor (erste Conductor), von Holz mit Metallpapier überzogen, oder besser von Messingblech, ruht auf einem 2—3 Fufs hohen nicht über 1 Zoll dicken Glasfusse ohne Höhlung. In den Wirkungskreis des mit  $+E$  beladenen Glases gebracht, werden seine im natürlichen Zustande vorhandenen Elektrizitäten vertheilt; seine  $-E$  angezogen, verbindet sich bei genügender Annäherung mit der  $+E$  des Glases, während seine eigene  $+E$  frei wird. Man befördert diese Wirkung durch die Gestalt des Conductors, die so beschaffen seyn muss, dass er der an ihm vorübergehenden geriebenen Glasfläche in möglichst geringem Abstände eine Fläche von entsprechender Breite darbieten kann. Auch pflegt man den gegen das geriebene Glas gerichteten Theil desselben, den sogenannten Einsauger, mit einigen Spitzen zu besetzen. Wenn der Einsauger eine zweckmäßige Gestalt und Größe hat und dem Glaskörper nahe genug steht, so kann er dem letzteren während des Vorübergangs fast alle durch Reiben darauf entwickelte Elektrizität entziehen. Die von dem geriebenen Körper entfernten Theile der Oberfläche des Conductors müssen glatt abgerundet seyn und dürfen keine Ecken oder hervorragende Stellen zeigen. Um das Ueberspringen des Funkens vom Conductor auf das Reibzeug zu verhindern, müssen beide so weit thunlich von einander entfernt stehen. Damit aber die mit Elektrizität beladene Glasfläche nicht schon vor ihrer Ankunft an dem Conductor, durch Berührung mit der Luft einen Verlust erleiden könne, bedeckt man sie mit einem Streifen Wachstaffent, der am Rande des Reibzeugs angenäht ist und bis in die Nähe des Einsaugers reicht. Will man auch die Elektrizität des Reibzeugs sammeln, so muss dasselbe eine isolirende Unterlage haben, z. B. auf einem Glasfusse befestigt werden, und mit einem isolirten Leiter (Conductor), etwa von demselben Umfange wie der erste Conductor, in Verbindung stehen.

Die Glasfüße, so wie der Glaskörper, müssen vor dem Gebrauche mit warmen wollenen Zeugen abgerieben werden, um Feuchtigkeit, Staub und etwa anhängendes Amalgam zu entfernen. Wenn die Luft feucht ist, erhält man dessen ungeachtet auch mit den kräftigsten Maschinen nur geringe Wirkungen. Man steigert ihre Wirksamkeit, indem man das Glas und die umgebende Luftmasse erwärmt, und die letztere dadurch relativ trockener macht.

Scheibenmaschinen werden am häufigsten gebraucht. Eine runde polirte Spiegelscheibe von höchstens 3 Linien Dicke und 20—60 Zoll

Durchmesser ist in der Mitte durchbohrt. Durch dieses Loch geht eine Axe, bei kleinen Maschinen von Glas oder Holz, bei grösseren von Eisen, worauf auf der einen Seite der Glasscheibe ein halbkugelförmiges Stück von trockenem, hartem Holze fest aufsitzt. Ein ähnliches Stück wird auf der andern Seite des Glases, mittelst eines in die Axe geschnittenen Gewindes gegen die Scheibe gepresst, und dadurch diese zwischen beiden halbkugelförmigen Stücken fest eingeklemmt. Beide Stücke sind auf der dem Glase zugekehrten Fläche mit weichem Leder gefüttert. Auch müssen sie, bevor man sie aufsetzt, scharf getrocknet und mit Bernsteinfirniss überzogen werden. Als Reiber dienen eben abgeschliffene Messingstreifen, worauf weiches, glattes Leder, in welches das Amalgam eingerieben wird, flach aufgespannt ist. Je zwei derartige Streifen, in passend hergerichtete, federnde Träger so eingeschoben, dass sie die Scheibe von beiden Seiten einschliessen, ohne doch der Bewegung derselben folgen zu können, bilden ein Reibzeug. Die beiden federnden Arme oder Träger sitzen am Gestelle der Maschine in Gelenken, so dass sie gegen die Scheibe gedrückt oder auch davon entfernt werden können. Beide sind, nahe dem Umfange der Scheibe, mittelst eines Stiftes verbunden, der am einen Ende in eine Schraube ausgeht; durch das Anziehen der letzteren werden beide Reiber zugleich und mit gleicher Stärke wider die Glasfläche gepresst. Ein mässiger Druck reicht schon hin, das Maximum der Elektricitäts-erregung zu erzielen. Man pflegt die Reiber halb so lang zu nehmen als den Halbmesser der Scheibe. Ein Zoll Breite genügt. Eine grössere Breite zeigt sich sogar in der Regel als nachtheilig; denn es ist nicht leicht, das Amalgam über eine grössere Fläche gleichförmig auszubreiten; jeder Punkt aber, an dem keine Reibung stattfindet, bietet den zersetzten Elektricitäten eine Gelegenheit, wieder zu einander überzutreten. Breitere Streifen, indem sie, um mit dem Glase in genügende Berührung zu kommen, einen grösseren Druck in Anspruch nehmen, erschweren also den Betrieb der Maschine, ohne, selbst im günstigsten Falle einen entsprechenden Vortheil dafür zu gewähren. Es sind gewöhnlich zwei Reibzeuge an den gegenüberstehenden Enden desselben Kreisdurchmessers angebracht. — In einer Entfernung von 90° von jedem Reibzeuge befindet sich, gewöhnlich nur auf einer Seite der Glasplatte, ein Einsauger von Messingblech von einer, der des Reibers gleichen Länge. Die äussere Fläche desselben ist dick gefirnisst, der Rand gegen die Scheibe hin umgebogen und abgerundet, die innere, reine Metallfläche ist hohl und mit Spitzen versehen. Von jedem Einsauger führt ein Arm zu dem kugelförmigen Conductor. Der Fuss des letzteren sitzt auf einem Brette, das sich in das Gestelle der Maschine einschieben lässt und den Zweck hat, die Einsauger der Glasscheibe möglichst nahe zu rücken.

Scheibenmaschinen, auf die beschriebene Weise eingerichtet, können wegen ihres festen Baues in beträchtlicher Grösse, bis zu 4 — 5 Fufs Durchmesser, ausgeführt werden und bieten dadurch eine weit grössere Reibungsfläche, als es irgend möglich ist, dieselbe bei Anwendung hohler Cylinder zu erhalten. Da Scheiben von mehr als 30 Zoll Durchmesser sehr kostbar sind, so kann man auch zwei kleinere neben einander auf derselben Axe anbringen. Sie haben vor den Cylindermaschinen auch das voraus, dass das Glas auf beiden Seiten gerieben wird, wodurch die Spannung der erzeugten Elektricität ver-

mehrt und der Uebergang auf den Conductor erleichtert wird. Ueberdies gestattet die Ebene und Glätte der Scheibe ein innigeres Anschmiegen des Reibzeugs. Diese Maschinen sind aber gewöhnlich nur zur Hervorbringung von positiver Elektricität eingerichtet; die gleichzeitige Gewinnung der negativen erfordert Isolirung der Reibzeuge, wodurch die Haltbarkeit leidet.

Die Cylindermaschinen sind immer für die gleichzeitige Gewinnung beider elektrischer Flüssigkeiten berechnet und lassen sich zu diesem Zwecke mit dem verhältnissmäßig geringsten Kostenaufwande einrichten. Der Glascylinder, von höchstens 1,5 bis 2 Fufs Länge und 1 bis 1,5 Fufs Durchmesser dreht sich zwischen zwei Glassäulen, die seiner Axe zu Stützen dienen. Auf beiden Seiten der Cylinderfläche stehen, ebenfalls auf Glasfüßen, cylindrische Conductoren von 2 bis 2,5 Fufs Länge, so dass sie einige Zoll über den Glaskörper hervorgehen, um sie, erforderlichen Falls, ohne das Glas zu berühren, verbinden zu können. Ihre isolirenden Füße sitzen auf Schiebern, die in entsprechende Oeffnungen des Fußgestelles eingelassen und dadurch verrückbar sind. Der eine Conductor, zur Aufnahme der  $+E$  bestimmt, ist auf der gegen das Glas gerichteten Seite mit Spitzen besetzt, der andere trägt das Reibzeug. Letzteres besteht aus einem mit Pferdehaaren ausgestopften Lederkissen von gleicher Länge mit dem Glascylinder.

Wenn während des Betriebs einer Cylindermaschine beide Conductoren isolirt sind, so zeigen sie beide freie Elektricität, aber nur von geringer Stärke, weil bald diejenige Grenze der Spannung eintritt, wobei die  $-E$  des Reibzeugs unmittelbar zur  $+E$  des Glases übergeht. Verbindet man das Reibzeug mit dem Boden, so kann sich keine freie  $-E$  darauf erhalten; die  $+E$  des Glases muss daher einen höheren Grad der Spannung annehmen, bevor sie die Fähigkeit erlangt, sich mit der im Reibzeuge im gebundenen Zustande befindlichen ungleichnamigen Flüssigkeit unmittelbar zu vereinigen. Steht der positive Conductor in Verbindung mit dem allgemeinen Ableiter, so giebt die an ihm vorübergehende Glasfläche beinahe die ganze darauf durch Reiben frei gewordene Elektricitätsmenge ab und kommt in einem fast unelektrischen Zustande wieder mit dem Reibzeuge in Berührung, daher jetzt dieses, wenn es isolirt ist, das Maximum der elektrischen Spannung annimmt. Werden beide isolirte Conductoren mit einander leitend verbunden, so zeigt keiner die geringste Spur von freier Elektricität.

Um elektrische Zustände von so hoher Intensität, wie sie mit der Elektrisirmaschine erhalten werden, ihrem Grade nach zu bestimmen, gebraucht man gewöhnlich das Henley'sche oder Quadranten-Elektrometer. Es ist ein einfaches, leicht bewegliches Strohhalmpendel, das an der Seite eines Stabes von Metall herabhängt, und an dessen unterem Ende eine Kugel von Hollundermark sitzt. Im elektrischen Zustande von dem Stabe abgestoßen, bildet es mit demselben einen Winkel, der mittelst eines Gradebogens gemessen wird. Dieses Werkzeug ist übrigens weniger geeignet, um Verschiedenheiten in der Stärke der elektrischen Anhäufung wirklich zu messen, als vielmehr um dieselben wahrzunehmen und wieder finden zu können.

Aus den Anzeigen des Quadranten-Elektrometers erhält man nur ein Urtheil über die Spannung und Dichtigkeit der auf einem Conductor angesammelten Elektricität. Die Stärke des elektrischen Funken und die

Wirkungen der Elektricität hängen aber nicht bloß von ihrer Spannung (Intensität), sondern auch von der vorhandenen Menge (Quantität) ab. Die letztere lässt sich bei gleicher Divergenz des Elektrometerpendels aus der Oberflächen-Größe des Conductors annäherungsweise beurtheilen. Um die Kraft einer Elektrisirmaschine zu messen, muss man sich der Lane'schen oder Messflasche bedienen (s. elektrische Flasche). Vergrößert man den Conductor, indem man z. B. einen zweiten oder mehrere isolirte Leiter damit in Verbindung setzt, so nimmt auch die Elektricitätsmenge zu, welche während des Betriebs der Maschine gesammelt und durch den überschlagenden Funken auf einmal entladen werden kann. Weil aber theils durch die isolirenden Füße, theils unmittelbar durch die Luft fortwährend Elektricität entweicht und weil dieser Verlust bei zunehmender Spannung ebenfalls zunimmt, so kommt es, dass selbst unter den günstigsten äußeren Verhältnissen eine gewisse Größe der leitenden Oberfläche nicht überschritten werden darf, ohne dass das Maximum der erreichbaren Spannung und folglich auch die Schlagweite des Funkens abnimmt. Als Regel gilt, dass die Oberfläche des Conductors nicht größer seyn dürfe, als die geriebene Fläche des Glaskörpers, dergestalt dass das Maximum der Ladung und Spannung durch eine volle Umdrehung erhalten werden könne. Diese Annahme ist jedoch durch die Erfahrung nicht mit Sicherheit festgestellt. Gewiss ist nur, dass mittelst einer geriebenen Glasfläche von geringer Ausdehnung ein Conductor von sehr großer Oberfläche durch noch so viele Umdrehungen nicht mit Elektricität von derselben Spannung beladen werden kann, wie ein der Größe der Maschine mehr proportionirter Conductor.

B.

Elektro-chemische Theorie bedeutet, auf den einfachsten Gesichtspunkt zurückgeführt, diejenige Ansicht, wonach man die chemisch zusammengesetzten Körper als binäre Verbindungen oder als Verbindungen zu zwei und zwei ihrer einfachen Elemente zu betrachten hat, und wonach ferner dem Bestreben zur chemischen Vereinigung der Eintritt eines polaren Zustandes der auf einander einwirkenden ungleichartigen Stoffe stets vorausgehen muss. Diese Polarität der Affinität glaubt man sich nun berechtigt für identisch mit derjenigen der beiden Elektricitäten halten zu dürfen, und daher entstand der Name: elektro-chemische Theorie.

Man ist hauptsächlich durch zwei Klassen elektrischer Erscheinungen zu dieser Vorstellung geleitet worden. Irgend zwei ungleichartige Körper treten bekanntlich im Augenblicke der Berührung in einen entgegengesetzten elektrischen Zustand; d. h. auf der einen Seite der Berührungsfläche wird  $+E$ , auf der andern  $-E$  ausgeschieden. Die Stärke dieser den natürlichen elektrischen Zustand störenden wechselseitigen Einwirkung, deren Fortdauer selbst dann nachweisbar ist, wenn zwei Körper in den Zustand der innigsten Berührung getreten sind, wie bei zusammengelötheten Metallen oder beim Eintauchen eines Metalls in eine Flüssigkeit, wovon es benetzt wird, steht nun in einer sehr merkwürdigen Beziehung zur Stärke der chemischen Verwandtschaft, in der Weise, dass der bei der Berührung zweier Stoffe eintretende elektrische Vertheilungszustand um so ausgeprägter erscheint, je weiter sie hinsichtlich ihres chemischen Verhaltens von einander entfernt stehen.

Durch die zersetzende Kraft der elektrischen Säule können chemisch zusammengesetzte Körper unmittelbar immer nur in zwei Bestandtheile

zerlegt werden, von welchen derjenige, welcher als Glied der elektrischen Spannungsreihe dem negativen Ende am nächsten steht, am positiven Pole, der andere am negativen Pole abgeschieden wird. Dieses Verhalten wird begreiflich, wenn man voraussetzt, dass die Elemente binärer Verbindungen eine bestimmte elektrische Polarität besitzen, so lange sie chemisch vereinigt bleiben; oder mit anderen Worten: dass derjenige entgegengesetzt elektrische Zustand, den zwei Stoffe im Augenblicke des Contactes annehmen müssen, und der durch größere Innigkeit des Zusammenhanges, wenn derselbe nur ein Adhäsionsphänomen ist, nicht geschwächt wird, auch dann noch mit unveränderter Stärke fortdauert, nachdem die eigentlich chemische Verbindung eingetreten ist.

Dass zusammengesetzte Körper nicht mit freier Elektrizität behaftet erscheinen, widerspricht nicht dieser Vorstellung, indem das freie Fluidum des einen oder andern Bestandtheils der Verbindung nur dann bemerkbar werden kann, wenn die wägbaren Atome des einen Bestandtheils nach einer, die des andern nach der andern Seite gerichtet sind, so dass man sich zwischen beiden eine bestimmte Uebergangsfläche vorstellen kann.

Man hat versucht, die Körper nach ihren elektrischen Beziehungen zu classificiren, und dieses System wird das elektro-chemische genannt. Die einfachen Stoffe bilden hiernach eine Reihe, als deren Endpunkte man einerseits den Sauerstoff, andererseits das Kalium betrachtet. Sie fällt mit der Volta'schen Spannungsreihe, so weit diese experimentell festgestellt ist, zusammen. Gleichwie die letztere, lehrt sie uns also, dass ein Körper, welcher dem Sauerstoff näher steht, gegen einen andern dem Kalium näher stehenden sich negativ elektrisch verhalte; aber sie drückt noch ferner aus, dass wenn beide Stoffe sich chemisch vereinigen, der dem Sauerstoff näher liegende (also durch den Contact negativ elektrisch werdende) auch die Rolle desselben in der Verbindung übernehme. Man nennt daher den einen Bestandtheil der Verbindung den elektro-negativen, den andern, nämlich den dem Kalium näher liegenden, den elektro-positiven.

Die Ausdrücke elektropositiv und elektronegativ werden aber auch ohne eine besondere Beziehung auf eine bestimmte Verbindung gebraucht; indem man mit dem ersteren überhaupt solche Körper bezeichnet, die in ihrem Verhalten mehr dem Sauerstoff gleichen, oder doch in der elektro-chemischen Reihe nicht sehr weit entfernt von demselben stehen, mit dem andern überhaupt solche Körper, die dem Kalium näher liegen als dem Sauerstoffe.

**Elektrodynamik.** Dieser Ausdruck wird von manchen Schriftstellern gebraucht, für: Lehre von den Wirkungen des elektrischen Stromes, und zwar vorzugsweise von den magnetischen Wirkungen desselben. Siehe Galvanismus.

**Elektrolyse,** ist: Zerlegung einer chemischen Verbindung in ihre binären Elemente, unter dem Einflusse des elektrischen Stromes.

**Elektrolyt,** s. Anion.

**Elektromagnetismus** nennt man die in Leitern der Elektrizität durch den circulirenden elektrischen Strom erzeugte magnetische Kraft.

Der Elektromagnetismus ist von Oersted in Kopenhagen im Jahr 1820 entdeckt worden. Gewisse Einwirkungen der Elektrizität auf die Magnetnadel waren zwar in einzelnen Fällen schon früher bemerkt wor-

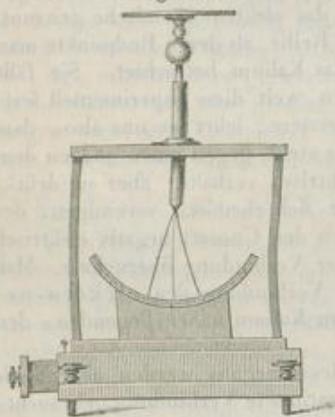
den; aber Niemand hatte vorher einen bestimmten Zusammenhang zwischen den elektrischen und magnetischen Kräften deutlich erkannt und nachgewiesen. Die Oersted'sche Entdeckung erregte daher im höchsten Grade die Aufmerksamkeit und das Interesse aller Freunde der Physik und wurde der Ausgangspunkt einer grossen Reihe der merkwürdigsten Entdeckungen im Gebiete der Lehre von der Elektrizität und dem Magnetismus. (Zu vergl.: Galvanismus.)

B.

**Elektrometer.** Der Name Elektrometer könnte mit gleichem Rechte einer jeden zu elektrischen Messungen geeigneten Vorrichtung gegeben werden. Gewöhnlich versteht man aber darunter solche Instrumente, die bestimmt sind, die Dichtigkeit und Menge der gespannten Elektrizität zu messen; während die zur Messung elektrischer Ströme gebräuchlichen Geräthschaften mehr den Namen Galvanometer führen.

Das bekannteste Elektrometer ist das mit zwei senkrecht herabhängenden Pendeln, welches sich von dem ähnlichen Elektroskope (s. diesen Artikel) wesentlich nur dadurch unterscheidet, dass ein Gradebogen daran

Fig. 70.



angebracht ist, um die Grösse der Ausschläge messen zu können. Die Figur 70 giebt die vordere Ansicht eines Goldblatt-Elektrometers in  $\frac{1}{2}$  natürlicher Grösse. Das viereckige Glasgehäuse ist aus Spiegelplatten gebildet, die an den Kanten verkittet und oben und unten durch Messingkappen zusammengehalten sind. Der Gradebogen ist auf einem Papierstreifen aufgetragen und auf der vorderen Glasplatte mit Mundleim befestigt. Er bildet ein Stück eines Kreises, dem der Aufhängepunkt der Pendeln, oder richtiger die Projection dieses Punktes auf die Glasfläche als Mittelpunkt zugehört. Ein feiner durch diesen Punkt lothrecht abwärts auf das

Glas gezogener Diamantstrich durchschneidet den Nullpunkt der Scala. Er dient, um mittelst drei Stellschrauben, worauf das Instrument ruht, dasselbe zum Gebrauche zu richten, und während des Gebrauchs zur Sicherung der richtigen Stellung des Auges. Die Beobachtungen werden um so genauer und vergleichbarer, je näher der Gradebogen den Pendeln stehen kann, ohne auf ihre Bewegungen einen Einfluss zu äussern, und je weiter man während des Ablesens das Auge entfernt hält. In der Bodenplatte dieses Elektrometers befindet sich ein Loch, das zum Innern einer Schieblade führt, worin sich einige Stücke Chlorcalcium befinden. Dadurch wird die, die Goldblättchen umgebende Luft trocken erhalten. In Fällen, wo eine allzugroße Empfindlichkeit unbequem werden würde, ersetzt man die Goldblättchen durch feine Strohhalme.

Die Grösse der elektrischen Kraft lässt sich aus der Divergenz der Goldblättchen oder Strohhalme durch Rechnung nicht mit Sicherheit ableiten; das Verhältniss eines jeden Ablenkungswinkels zur Dichtigkeit der vorhandenen Elektrizität muss daher empirisch, d. h. durch vergleichende Versuche im Voraus bestimmt werden. Das bequemste und zugleich das sicherste Hilfsmittel zur Erreichung dieses Zweckes ist eine

trockene elektrische Säule, von welcher je von der funzigsten oder hundertsten Doppelscheibe (s. Elektrizität, S. 843) eine Zunge von demselben Metallpapier hervorsteht, stellt man den einen Pol dieser Säule auf das zu graduirende Elektrometer und berührt nach einander die erste, zweite, dritte Zunge u. s. w. mit dem Finger, so wird dem Instrumente Elektrizität von, in demselben Verhältnisse zunehmender Dichtigkeit mitgetheilt.

Man hat auch noch auf andere Weise versucht, die Anzeigen des Elektrometers vergleichbar zu machen. Man stellte z. B. zwei ganz gleiche Instrumente neben einander, und dem einen wurde eine elektrische Ladung beigebracht. Brachte man dann die Platten beider Werkzeuge in unmittelbare Berührung, so musste sich die Ladung des einen auf die Hälfte vermindern; durch eine zweite Berührung, nachdem das eine Elektrometer vorher einen Augenblick mit der Erde verbunden worden war, blieb nur ein Viertel der ursprünglichen Ladung zurück u. s. f.

Welches Verfahren man nun auch einschlagen mag, um das Verhältniss der Divergenz der Pendel zur ablenkenden Kraft zu ermitteln, wird es mit der erforderlichen Sorgfalt ausgeführt, so findet man, unter der Voraussetzung mäßiger Divergenzen, für welche Bogen und Sehne ohne Fehler gleich gesetzt werden dürfen, dass die Größe des Ablenkungsbogens der Dichtigkeit der auf das Elektrometer übertragenen Elektrizitätsmenge fast genau proportional ist.

Das Goldblatt- oder Strohhalm-Elektrometer, auf diese Weise graduirt, ist gleichwohl zu feineren elektrischen Messungen nicht sonderlich geeignet.

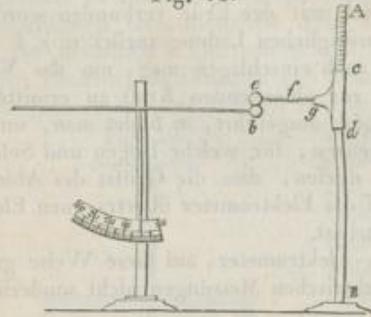
Einen ungleich höheren Werth als Messwerkzeug besitzt das horizontal schwingende elektrische Pendel, aus dessen Schwingungszeiten, in ungleichem Abstände vor einer entgegengesetzt elektrisirten Kugel, Coulomb das Gesetz der elektrischen Anziehungen ableitete (Elektrizität, S. 823).

Als die feinste elektrometrische Geräthschaft gilt die Drehwaage, durch deren Anzeigen, unter Coulomb's Händen, das Gesetz der elektrischen Abstofsungen zuerst eine sichere experimentelle Begründung erhielt. Um die Drehwaage (s. diesen Artikel) zu elektrischen Versuchen gebrauchen zu können, wird die waagrecht schwebende Nadel *nl* (Fig. 59) aus einem dünnen Schellackstäbchen verfertigt, das am einen Ende eine kleine Kugel von Hollundermark trägt. Der Mittelpunkt der letzteren wird auf den Nullpunkt der Theilung gerichtet. Eine andere gleiche Kugel, ebenfalls an einem Schellackstäbchen befestigt, wird von oben durch das Glasgehäuse eingesenkt, so dass ihr Mittelpunkt in gleiche Höhe mit dem der andern und ebenfalls vor den Nullpunkt der Theilung zu stehen kommt. Die bewegliche Kugel wird dadurch etwas aus ihrer Lage verdrängt, doch so dass sie im unelektrischen Zustande mit der feststehenden in Berührung bleiben muss. So wie man aber durch eine, gewöhnlich seitwärts im Glasgehäuse angebrachte Oeffnung eine kleine Menge Elektrizität zuführt, wird die bewegliche Kugel abgestofsen. Durch Drehung des Knopfes *s* der Drehwaage, kann sie aber zu beliebigen Abständen vom Mittelpunkte der festen Kugel zurückgebracht werden. Der Drehungsbogen des Zeigers *s*, vermehrt um den jedesmaligen Ablenkungsbogen der Nadel aus ihrer Nulllage, misst dann die Stärke der Abstofsung bei verschiedenen Abständen der Mittelpunkte beider Kugeln. — Bei einem Versuche, den Coulomb vor der Akademie anstellte, hing die

Nadel an einem 28 Zoll langen, so feinen Silberdrahte, dass 1 Fuß davon nur  $\frac{1}{16}$  Gran wog. Die Nadel beschrieb einen Kreis von 4 Zoll Halbmesser; eine Kraft von  $\frac{1}{122400}$  Gran, auf das Ende der Nadel wirksam, drehte sie um einen Grad. Der Versuch dauerte 2 Minuten und während dieser Zeit verloren beide Kugeln kaum bemerkbar von der ihnen mitgetheilten Elektricität. Bei einer Drehung von  $36^\circ$  betrug der Abstand beider Kugelmittelpunkte ebenfalls  $36^\circ$ , bei  $144^\circ$  Drehung ergab sich ein Abstand von  $18^\circ$ , und bei  $575\frac{1}{2}$  Drehung ein Abstand von  $8\frac{1}{2}$ . Die abstossenden Kräfte verhalten sich demnach fast genau umgekehrt wie die Quadrate der Entfernungen der Mittelpunkte der Kugeln.

Ein wenn auch weniger empfindliches, doch ebenfalls zu scharfen elektrischen Messungen geeignetes Werkzeug ist die von Simon ersonnene elektrische Waage (Fig. 71), mit deren Hilfe Egen

Fig. 71.



(Pogg. Ann. Bd. V. S. 294) zu denselben Resultaten gelangte, welche Coulomb aus den Anzeigen seiner Drehwaage ableitete. Der eine Arm der von Egen gebrauchten Waage bestand aus Messingdraht, der andere, an dessen Ende eine kleine Korkkugel *b* von  $\frac{1}{3}$  Zoll Durchmesser befestigt war, aus einer dünnen Schellackstange.

Jeder Arm war 3,5 Zoll lang. Die Ausschläge konnten mittelst einer Zunge von derselben Länge an einem Gradbogen gemessen werden. Das Aufhängesystem besaß einen möglichst hohen Grad der Beweglichkeit. Eine zweite Korkkugel *e*, an dem Schellackstäbchen *f* befestigt, konnte an dem Ständer *AB* mit sich selbst parallel auf und nieder bewegt werden. Waren beide Kugeln in Berührung und theilte man ihnen Elektricität mit, so ließ sich die Stärke der Abstossung aus der Größe des Ausschlags unmittelbar berechnen. Durch Verrückung der Kugel *e* oder auch durch kleine Gewichte, am Endpunkte des andern Waagearms angehängt, hatte man es in der Gewalt, die Entfernung der Mittelpunkte beider Kugeln beliebig zu verändern. Zur Sicherung vor zufälligen äußeren Einflüssen stand der ganze Apparat in einem Glaskasten.

Unter die zur Bestimmung der Menge und Dichtigkeit der freien Elektricität brauchbaren Geräthschaften ist endlich noch die Lane'sche Messflasche zu zählen. (S. elektrische Flasche.) *B.*

Elektrometer, Volta's; gleichbedeutend mit Strohalmen-Elektrometer, weil es von Volta als elektrometrisches Werkzeug eingeführt und zuerst benutzt worden ist. — Nicht zu verwechseln mit Volta-Elektrometer; s. diesen Artikel, oder auch Galvanometer. *B.*

Elektromotor. So nannte Volta ein jedes System ungleichartiger Leiter, welche in Berührung stehen und dadurch einen fortdauernden Elektricitätsquell bilden. Ein gewöhnliches Zink-Kupferpaar, eine jede elektrische oder galvanische Kette bis zur zusammengesetztesten Säule kann daher mit den Namen Elektromotor bezeichnet werden. *B.*

Elektromotorische Kraft ist das bewegende Princip in der elektrischen Kette.

Elektropositiv und  
Elektronegativ, s. elektrochemische Theorie.

Elektrophor (Elektricitätsträger). Diese nützliche Geräthschaft, womit Alexander Volta schon im Jahre 1775 die Physik bereichert hat, ist eine Art Elektrisirmaschine, deren Gebrauch besonders dann von großer Bequemlichkeit wird, wenn es weniger darauf ankommt, große Mengen von Elektricität anzusammeln, als vielmehr einen Elektricitätsquell von bleibender Stärke längere Zeit hindurch zur Verfügung zu haben.

Das Elektrophor besteht aus drei wesentlichen Theilen, dem Kuchen, einer dünnen Platte aus Harz oder einer andern nicht leitenden Substanz; der Form oder dem Teller, einer Metall- oder Holzplatte mit hervorstehendem Rande, in welche der Kuchen eingelegt oder eingegossen ist, und endlich dem Deckel, einer Metallscheibe mit isolirender Handhabe, welche auf den Kuchen gesetzt wird, und deren Durchmesser kleiner seyn muss, als der des letzteren.

Wenn man den Harzkuchen mit Katzenfell oder Fuchsschwanz reibt und dann den Deckel auflegt, so erhält sich die ihm ertheilte elektrische Beschaffenheit lange Zeit, in trockener Luft Monate lang, mit fast ungeschwächter Kraft. So oft man während dieser Zeit Deckel und Form zugleich berührt, und dann den ersteren abhebt, ist derselbe positiv elektrisch geworden und man kann daraus einen Funken von stets gleicher Stärke ziehen. Man erhält Elektricität und selbst den Funken auch durch einseitige Berührung des Deckels, aber seine Intensität ist weit geringer. Diese wiederholten positiv elektrischen Ladungen des Deckels erklären sich leicht aus der Atmosphärenwirkung der über den Harzkuchen verbreiteten negativen Elektricität.

Man weiß, dass Harz und zumal eine dünne Scheibe aus dieser Materie gebildet, die durch Reiben darin entwickelte — *E* sehr fest hält und dass ihr dieselbe, selbst bei der Berührung mit den vollkommensten Leitern, nicht leicht entzogen werden kann. Bedeckt man daher den Kuchen mit einer isolirten Metallscheibe, und hebt dieselbe isolirt wieder ab, so wird sie in trockener Luft nicht eine Spur von Elektricität aufgenommen haben. Gleichwohl hatte die Elektricität des Harzes vertheilend darauf gewirkt; + *E* wurde angezogen, — *E* abgestoßen und also in freien Zustand gesetzt; allein indem man den Deckel an seiner isolirenden Handhabe abhebt, verbinden sich die getrennten Elektricitäten wieder und kehren in den natürlichen Zustand zurück.

Wurde dagegen die abgestoßene — *E* durch die Berührung mit dem Finger entfernt und dann erst der Deckel gehoben, so wurde die vorher gebundene + *E* frei, und wirkte als solche auf das Elektrometer oder konnte einen Funken geben oder zu irgend sonst einem Zwecke verwendet werden. Da von dem Harze direct zu der Metallplatte nichts übergeht, so sieht man leicht, warum dieser Versuch ohne bemerkliche Aenderung im Resultate sehr oft wiederholt werden kann. In der That müsste das Elektrophor, bei richtigem Gebrauche, seine Kraft auf noch so lange Zeit hin ungeschwächt erhalten, wenn nicht die durch Reiben auf dem Harze erregte Elektricität durch Berührung mit der Luft nach und nach weggenommen würde. Das Bestreben der Elektricität, durch die Luft zu entweichen, ist sehr gering, so lange die — *E* des Kuchens und die + *E* des Deckels sich wechselseitig binden und dadurch ihre Wirksam-

keit nach aufsen aufheben. In diesem Zustande und an einem trockenen Orte aufbewahrt, muss sich daher das Elektrophor lange Zeit brauchbar erhalten, d. h. ohne dass das Reiben des Kuchens wiederholt zu werden braucht.

Die Theorie des Elektrophors ist soweit sehr einfach; um nun aber auch den Nutzen und Einfluss des Tellers einsehen zu können, muss man noch einige andere Erfahrungssätze zu Hülfe nehmen. Es ist bekannt, dass die elektrische Atmosphärenwirkung sich nach allen Richtungen hin äufsert und durch Nichtleiter fortpflanzt. Legt man demnach eine recht dünne und ebene Harzscheibe auf eine Metallfläche von ähnlicher Beschaffenheit, die mit dem Boden leitend verbunden ist, und streicht das Harz mit einem Fuchsschwanz, so muss die erregte —  $E$  sogleich die natürlichen Elektricitäten des Metalls vertheilen. Seine —  $E$  fließt ab, seine +  $E$  wird gebunden und wirkt ihrerseits bindend auf die —  $E$  an der Oberfläche. Die letztere wird hierdurch gleichsam in das Innere der Harzmasse gezogen und verliert einen großen, bei sehr dünnen Harzscheiben sogar den größten Theil ihrer Thätigkeit nach aufsen. Die Folge ist, dass durch Reiben neue Elektricitätsmengen erzeugt und auf dem Kuchen, weit über diejenige Grenze hinaus, welche man ohne Beihülfe einer Metall-Unterlage zu erreichen vermag, angehäuft werden können. Allein diese Elektricität befindet sich auf dem Elektrophor größtentheils im gebundenen Zustande und wirkt deshalb auf das Elektrometer direct viel weniger stark, als der damit geladene und abgehobene Deckel. Hierin liegt auch der Grund, warum einem gut geriebenen Kuchen nur dann, wenn man ihn von seiner Unterlage trennt, scharfe und lange Funken entzogen werden können.

Man wird jetzt verstehen, weshalb der einseitig berührte Deckel nur mäßig stark mit Elektricität beladen werden kann, denn nur die auf dem Kuchen noch frei vorhandene —  $E$  kann unmittelbar vertheilend darauf einwirken. Berührt man aber Form und Deckel gleichzeitig, so dass beide gleichsam einen einzigen Leiter bilden, so richtet sich das Uebergewicht der vertheilenden Kraft gegen den Deckel, weil dieser der auf der Harzfläche angehäuft —  $E$  ungleich näher liegt als die Form. So kommt es, dass gleichzeitig mit der —  $E$  des Deckels auch der größte Theil der vorher gebundenen +  $E$  der Form frei wird, und dass, wenn man einen Finger auf die Form setzt und mit einem andern den Deckel berührt, beide Principe zu einander übergehen und in der Hand die Empfindung eines mäfsigen elektrischen Schläges hervorrufen. Steht die Metallform auf dem Tische und dadurch in leitender Verbindung mit der Erde, so findet bei der bloßen Berührung des Deckels dieselbe Ausgleichung Statt, nur ist eine längere Zeit dazu erforderlich. In Folge des ungleichen Abstandes der elektrisirten Harzfläche von der oberen und unteren Metallscheibe kann jedoch nicht alle in der unteren gebundene +  $E$  nach erfolgter Verbindung beider Scheiben frei werden und fortgehen, oder die Unterlage kann nicht ganz und gar in den natürlichen Zustand zurücktreten, weil man die —  $E$  des Kuchens mit der +  $E$  des Deckels nicht in demselben Punkte vereinigt voraussetzen darf. Ein mehr oder weniger großer Antheil +  $E$  müsste also stets in der Form gebunden bleiben. Die Erfahrung lehrt aber, dass dies bei guten Elektrophoren nicht nur nicht der Fall ist, sondern dass sogar nach stattgefundener Berührung beider Metallbelegungen die untere mit —  $E$  behaftet ist.

Den Grund dieses Verhaltens haben wir in dem sonderbaren Um-

stande zu suchen, dass eine durch Reiben elektrisirte Harzplatte auf der nicht geriebenen Fläche die entgegengesetzte elektrische Beschaffenheit annimmt. Der Kuchen des Elektrophors erhält demzufolge auf der unteren mit der Form in Berührung stehenden Fläche positive Elektricität; deren Wirkung jedoch wegen des überwiegenden Einflusses der  $-E$  auf der Oberfläche, unter gewöhnlichen Umständen nicht bemerkbar wird. Dieses Uebergewicht der  $-E$  hört auf, so wie man dieselbe durch die  $+E$  des Deckels beschäftigt. Alsbald gewinnt die  $+E$  des Kuchens den eigenthümlichen Charakter der auf einem Nichtleiter vorhandenen freien Elektricität, d. h. sie zeigt eine ihrer Stärke entsprechende Atmosphärenwirkung; sie stößt daher die  $+E$  der Form ab und bildet einen verhältnissmäßigen Theil von deren  $-E$ .

Diese verschiedenen Einflüsse, welche bei der Erklärung des Elektrophors in Betracht gezogen werden müssen, und die Theorie desselben etwas verwickeln, können leicht auf folgende Art anschaulich gemacht werden.

Man verschaffe sich eine dünne Schellackplatte von 3 bis 4 Zoll Durchmesser und suche, ohne ihr eine Unterlage zu geben, durch Reiben so viel wie möglich Elektricität auf der einen Seite zu erzeugen; man lege sie dann auf eine auf dem Elektrometer angeschraubte Metallplatte von etwas geringerem Durchmesser. Die Pendel werden mit  $-E$  divergiren und die Stärke dieser Divergenz zeigt das Maximum der Wirkung, welche unter den gegebenen Umständen erreicht werden konnte; jetzt entferne man die durch Vertheilung frei gewordene  $-E$ , indem man die metallische Unterlage mit dem Finger berührt; man wird sogleich finden, dass durch erneuertes Reiben neue Mengen von  $-E$  auf dem Harze erzeugt werden können und auf das Elektrometer einwirken.

Nachdem die Schellackplatte genügend stark elektrisirt und alle freie  $-E$  aus der Elektrometerscheibe, welche den Teller des Elektrophors vorstellt, entfernt ist, bedecke man die Harzfläche mit einer ähnlichen Metallscheibe, welche die Stelle des Deckels vertritt. So wie die letztere berührt wird, divergiren die Pendel mit  $+E$ , die auf der unteren Platte frei geworden ist. Man leite dieselbe ab und berühre die obere Platte von Neuem; neue Divergenz der Pendel, wiewohl schwächer als vorher. Man kann auf diese Weise längere Zeit fortfahren, abwechselnd oben und unten, jedoch in immer abnehmenden Graden Elektricität wegzunehmen. Durch gleichzeitiges Berühren beider Platten treten diese auf einander folgenden Wirkungen nur in rascherer Folge ein.

Ist endlich der kleine Elektrophor vollständig geladen, so hebe man die Schellackscheibe sammt dem darauf befindlichen Metalldeckel ab. Das Elektrometer wird eine negativ elektrische Spannung zeigen. Diese  $-E$  war also vorher auf der unteren Metallplatte, und zwar durch die  $+E$  des Harzes gebunden. In der That fallen die Pendel wieder zusammen, so wie die Schellackscheibe in die frühere Lage zurückgebracht wird. Man hebe nunmehr nur den Deckel ab; wieder Divergenz der Pendel mit  $-E$ , aber beträchtlich stärker als vorher, weil zu der aus dem eben angeführten Grunde frei gewordenen  $-E$  noch diejenige hinzutritt, welche aus der Atmosphärenwirkung der freien  $-E$  des Harzes auf die natürlichen Elektricitäten der Unterlage entspringt.

Es ergibt sich aus diesen Versuchen, dass ein Harzkuchen, der an seiner Form nicht festhängt, für beide Elektricitäten benutzt wer-

den kann. Wendet man nämlich die geriebene Fläche nach oben, so erhält der Deckel eine positive Ladung; kehrt man die Harzscheibe um, so wird dem Deckel  $-E$  ertheilt. Doch ist die  $-E$ , welche auf diesem Wege gewonnen werden kann, stets beträchtlich schwächer als die  $+E$ .

Die Wirksamkeit eines Elektrophors ist unter sonst gleichen Umständen um so beträchtlicher, je geringer die Dicke des Kuchens und je mehr Berührungspunkte Harz- und Metallflächen einander darbieten. Um diese Bedingung zu erreichen, pflegt man zum Teller eine kreisrunde Scheibe mit hervorstehendem Rande zu nehmen, die aus Messing, Zink oder Zinn, oder auch aus Holz besteht, das mit Metallfolie belegt worden. In diese Form wird die harzige, geschmolzene Masse bis zur Höhe des Randes eingegossen, und noch bevor sie völlig erhärtet ist, der Deckel in der Mitte aufgelegt und mäsig ange-drückt. Damit bei dem Abheben des Deckels der Funke nicht zu dem Rande der Form überspringe, lässt man zwischen beiden ringsum einen freien Raum von wenigstens einem Zoll Breite. Bei den so verfertigten Elektrophoren ist nun allerdings eine sehr innige Berührung der Harzflächen mit ihren Metallbelegungen hergestellt, allein da der Kuchen an seiner Unterlage festhängt und da das Ausdehnungsvermögen beider sehr verschieden ist, so sind sie ungemein leicht der Zerstörung unterworfen. Schon der Transport aus einem kalten in ein warmes Zimmer ist nicht selten der einzige Grund des Zerspringens, wo nicht eines völligen Zerbrückelns des Harzkuchens. Um diesem Uebelstande so viel wie möglich vorzubeugen, sucht man dem Schellack, das übrigens wegen seines vollkommeneren Isolirungsvermögens jedem andern Harze vorzuziehen ist, durch Beimischung von gemeinem Harz, Terpenthin oder Wachs etwas mehr Geschmeidigkeit zu geben.

Empfehlenswerther sind die gepressten Elektrophore, für deren Verfertigung Pfaff in Gehler's Wörterbuch<sup>1)</sup> eine Vorschrift giebt. — Auf einer vollkommen ebenen und polirten Marmorplatte wird Zinnfolie, etwas gröfser als der Kuchen des Elektrophors werden soll, ausgebreitet; darauf setzt man einen, ebenfalls mit Stanniol umwickelten Ring von Blei oder Holz und gieft in diese Form die flüssige Harzmasse. Nachdem dieselbe etwas erkaltet, aber noch nicht hart geworden ist, wird sie mit einem Stanniolstreifen bedeckt, und auf diesen eine zweite vollkommen ebene Platte von Marmor oder Spiegelglas gelegt und mit Gewichten so beschwert, dass alle Unebenheiten der Harzoberfläche verschwinden. Der so erhaltene Harzkuchen hängt an der Zinnfolie nicht an, oder lässt sich doch leicht davon ablösen. Er hat überdies den Vorzug, auf beiden Seiten gebraucht werden zu können, und ist der Gefahr, durch die ungleiche Ausdehnung des Tellers Risse zu bekommen, nicht ausgesetzt. Es versteht sich übrigens von selbst, dass seine Wirksamkeit nur dann recht kräftig ist, wenn Unterlage und Deckel vollkommen ebene Oberflächen erhalten. Sehr bequem bietet sich zur Erreichung dieses Zweckes Spiegelglas, das mit Stanniol sehr sorgfältig überzogen ist. Ein Deckel dieser Art muss am Rande durch einen abgerundeten zinnernen Ring, der frei darauf liegt und den Rand einschließt, gegen das Ausströmen von Elektrizität gesichert werden. — Als Composition für den Harzkuchen

<sup>1)</sup> Band 3, Seite 733.

empfiehlt Pfaff eine Mischung aus 8 Theilen Kolophonium, 1 Theil Schellack und 1 Theil venetianischem Terpenthin. Isolirender, aber auch theurer ist Schellack mit nur 10 Procent Terpenthin vermisch. Ganz reines Schellack ist schwierig zu einer Scheibe von genügend ebener Beschaffenheit zu verarbeiten. Die Dicke der Scheibe soll wo möglich nicht über 2—3 Linien betragen. An der Stelle des Harzkuchens hat man auch versucht ebene und polirte Glasplatten anzuwenden. Sie werden auf ähnliche Art wie die Scheibe einer Elektrisirmaschine, durch Reiben mit Zinn- oder Zinkamalgam elektrisirt, können aber nur in ganz trockener Luft mit Erfolg gebraucht werden.

Noch bleibt zu bemerken, dass, um mit einem gegebenen Elektrophor ein Maximum der Wirkung erhalten zu können, nicht nur der Kuchen ganz trocken seyn, sondern auch der Katzenpelz, womit er gerieben oder der Fuchsschwanz, womit er gepeitscht werden soll, zuvor erwärmt werden muss. Endlich ist es nöthig, den geladenen Deckel parallel abzuheben, denn kommt er mit der Harzfläche nur an einem Punkte in Berührung, so treten gewöhnlich die condensirende und condensirte Elektrizität zu einander über, wodurch nicht nur die Ladung verloren geht, sondern auch die Kraft des Elektrophors ungewein geschwächt wird.

Bei häufig wiederholtem Gebrauche des Elektrophors wird die zur jedesmaligen Ladung erforderliche Berührung von Deckel und Form unbequem. Man pflegt deshalb eine solche Anordnung zu treffen, wodurch beide Belegungen von selbst in metallische Verbindung treten, die nur bei dem Abheben des Deckels unterbrochen wird. Dies geschieht mittelst eines schmalen Stanniolstreifens, der die Form mit der Oberfläche des Kuchens verbindet und darauf festgeklebt ist, oder noch zweckmäßiger, indem man in der Mitte des Kuchens eine kleine Oeffnung anbringt, um dieselbe herum, auf  $\frac{1}{2}$  Zoll Abstand das Harz mit Stanniol belegt, und diese Metallverbindung nach unten fortführt.

B.

Elektroskop (Elektricitätsanzeiger), ist der gemeinschaftliche Namen aller derjenigen Vorrichtungen, deren man sich bedient, um das Vorhandenseyn, so wie die Qualität der Elektrizität zu erkennen. Sie beruhen sämmtlich auf der Eigenschaft gleichartiger Elektrizitäten, einander abzustossen, oder ungleichartiger, einander anzuziehen.

Die einfachste Form einer derartigen Vorrichtung ist eine kleine Kugel von Hollundermark, von höchstens 1,5 Linien Durchmesser, die je nach dem Gebrauche an einem Linnen- oder Seidenfaden aufgehängt wird. Sie wird im ersten Falle von einem mit Elektrizität behafteten Körper angezogen, sobald die Spannung dieser freien Elektrizität stark genug ist, das geringe Gewicht des Hollundermarkpendels zu überwältigen. Der Grund dieser Anziehung ist, wie man leicht einsieht, die durch Vertheilung in der kleinen Kugel entwickelte und gebundene entgegengesetzte Elektrizität und eben deshalb ist es auch nöthig, einen ableitenden Faden zu nehmen, weil sich sonst die gleichnamige Elektrizität nicht entfernen kann.

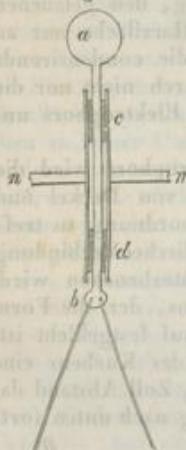
Das an einem Seidenfaden hängende, also isolirte Kügelchen gebraucht man hauptsächlich zur qualitativen Prüfung. Man ertheilt ihm zu dem Ende im Voraus eine bestimmte elektrische Beschaffenheit,

worauf es von dem elektrischen Körper schon aus der Entfernung entweder angezogen oder abgestoßen wird. Bei genügender Annäherung wird es aber auch von ganz unelektrischen Körpern angezogen und darum ist die Prüfung durch Anziehung unsicher.

Empfindlicher als das eben beschriebene Werkzeug ist ein horizontal schwingendes elektrisches Pendel. Es besteht aus einem sehr dünnen Stäbchen von Schellack oder Glas von zwei bis drei Zoll Länge an dessen einem Ende die kleine Hollandermarkkugel oder ein leichtes Metallblättchen befestigt ist. Dieses Stäbchen ist in der Mitte an einem einzigen Coconfaden aufgehängt, so dass es in der Horizontalebene durch die geringste Kraft in Bewegung gesetzt werden kann. Die Art des Gebrauchs bedarf keiner näheren Erklärung.

Die bequemste und darum auch die gebräuchlichste elektroskopische Vorrichtung ist das Elektroskop mit zwei Pendeln, dessen wesentliche Bestandtheile in Fig. 72. abgebildet sind.

Fig. 72.



Zwei sehr leichte die Elektrizität leitende Pendel, z. B. Stroh- oder Grashalme, sind mittelst äußerst feiner Metalldrähte, die oben hakenförmig umgebogen worden, bei *b* in den Oeffnungen eines dickeren, am unteren Ende abgeplatteten Drahtes eingehängt und stehen dadurch mit einer Metallkugel *a* oder auch mit einer Metallplatte in leitender Verbindung. Empfängt die letztere Elektrizität, so theilt sich dieselbe den Pendeln mit und diese stoßen sich ab. Die Größe ihrer Divergenz lässt auf die Stärke der elektrischen Einwirkung schließen.

Um diesen Haupttheil des Elektroskops von anderen Leitern möglichst abzusondern, wird der Draht mittelst Stöpseln von Kork oder Seide bei *c* und *d* in einem Glasrohre gut befestigt. Weil aber Glas für sich nicht gut isolirt, so muss dasselbe inwendig dick gefirnisst und auferhalb auf wenigstens 3 Zoll Länge mit einem Ueberzug von Schellack versehen seyn. In der Mitte der Länge ist eine Fassung (die von Metall seyn kann) angekittet, um den Apparat bequem aufstellen zu können. Es könnte einfacher und eben so sicher erscheinen, den Draht unmittelbar mit Schellack zu umgeben; allein das so eingerichtete Elektroskop, wenn auch vortrefflich isolirt, wird alsdann zu feineren Versuchen unbrauchbar, indem die mitgetheilte Elektrizität sich zum Theile in der den Verbindungsdraht umgebenden Harzschrift festsetzt; wodurch nach Entfernung der Ladungen sogleich eine neue, wenn auch schwächere hervorgerufen, also die gänzliche Entladung erschwert und unsicher wird.

Man pflegt das Elektroskop bis an die Fassung *n n* in ein Glasgefäß einzusenken, um dadurch zufälligen äußeren Einwirkungen zu begegnen. Wenn die Fassung luftdicht aufgeschliffen ist oder eingeschraubt werden kann, so lässt sich durch Einbringen von etwas Chlorcalcium die Anwendbarkeit des Apparates zumal in Vorlesungen bedeutend erhöhen, denn gerade die inneren Theile, auf welchen sich die mitgetheilte Elektrizität am meisten anhäuft, sind auch dem nachtheiligen Einflusse der Feuchtigkeit am meisten ausgesetzt. Die Pendel

müssen jedoch in diesem Falle aus gut leitenden Substanzen, z. B. aus dünnen Streifen von Metallblatt, die man am abgeplatteten Ende des Drahtes an beiden Seiten mit etwas Gummi anheftet, gefertigt werden, weil die unvollkommeneren Leiter, wie die Strohhalme, unter dem Einflusse des Chlorcalciums in dem Grade austrocknen, dass sie die einmal empfangene Elektrizität nur schwierig wieder abgeben.

Die Empfindlichkeit eines Elektroskops ist neben der Güte seines Isolirungssystems hauptsächlich von der Beschaffenheit der Pendel abhängig. Je nachdem man einen mehr oder weniger hohen Grad derselben erzielen will, wählt man daher zu den Pendeln: Hollundermarkkügelchen oder Strohhalme oder schmale Streifen von unächtem oder endlich von ächtem Blattgold. Wo also Empfindlichkeit eine Hauptbedingung ist, darf überhaupt nur ächtes Blattgold angewendet werden.

Es ist ersichtlich, dass nichts Anderes als das Gewicht der Pendel sich der elektrischen Abstofsung widersetzt. Nun weiß man, dass die Elektrizität sich an den Kanten eines Streifens mehr anhäuft, als in der Mitte. Schmale Goldblättchen nehmen daher verhältnissmäfsig zu ihrer Oberfläche und ihrem Gewichte mehr Elektrizität auf und stossen sich stärker ab, als breitere Streifen. Auch die Länge der Blättchen trägt wesentlich bei, die Empfindlichkeit zu steigern.

Ein genügend isolirtes Elektroskop mit Goldblättchen von 2,5—3 Zoll Länge und etwa  $\frac{3}{4}$  Linien Breite muss, wenn man der Platte desselben die durch Berührung einer Zink- mit einer Kupferscheibe erregte und nach der Trennung beider Scheiben frei gewordene Elektrizität mittheilt, und diesen Versuch 3—4mal wiederholt, einen bemerkbaren Ausschlag geben.

Man hat die Empfindlichkeit auch dadurch zu vermehren gesucht, dass man an den inneren Glaswänden Stanniolstreifen, welche ausserhalb mit grösseren leitenden Massen in Verbindung standen, bis zur Höhe der Goldblättchen und in der Ebene des Ausschlage-Winkels hinauf führte. Durch diese Vorkehrung wird jedenfalls der Vortheil erreicht, dass die Goldblättchen nicht an den Gefässwänden anhängen.

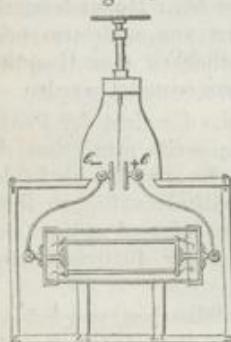
Wenn das Elektroskop in der Weise gebraucht werden soll, dass man demselben die Elektrizität eines Körpers direct mittheilt, so dient hierzu die an dem oberen Drahtende befestigte Metallkugel, deren geringer Umfang und regelmäfsige Gestalt sehr gut geeignet ist, ein schnelles Zerstreuen der eingepprägten Elektrizität zu verhindern. Soll dagegen der elektrische Körper durch seine vertheilende Kraft wirken, so ist es am besten, die Kugel durch eine Scheibe von ungefähr 3 Zoll Durchmesser zu ersetzen, weil hierdurch die durch den Einfluss der Vertheilung in den Pendeln angehäuften Elektrizität und folglich die Empfindlichkeit bedeutend vergrössert wird.

Die Eigenschaft, dass leichtbewegliche und mit einem elektrischen Leiter zusammenhängende Körper einander fliehen, ist schon zu Anfang des vorigen Jahrhunderts bemerkt und als Erkennungsmittel der Elektrizität benutzt worden. Das Elektroskop mit zwei Pendeln von Hollundermark hat Canton im Jahre 1753 eingeführt; aber erst die späteren Verbesserungen von Cavallo haben daraus ein auch zu empfindlicheren Versuchen brauchbares Werkzeug gemacht. Bennet vertauschte die Kork- oder Hollundermarkkügelchen mit Goldblättchen. Die Strohhalme hat Volta zuerst angewendet. Sehr häufig werden diese verschiedenen

Elektroskope nach den Namen dieser Physiker, welche den Gebrauch derselben einführten, benannt.

Ohne uns auf die Beschreibung elektroskopischer Vorrichtungen, die theils weniger zweckmäßig eingerichtet, theils nur zu irgend einem speciellen Zwecke gebraucht worden sind, einzulassen<sup>1)</sup>, wollen wir gleich zu dem empfindlichsten aller derartigen Werkzeuge übergehen, welches gewöhnlich nach Bohnenberger benannt wird, dessen Erfindung man aber eigentlich Behrens verdankt.

Fig. 73.



Dieses Instrument, Fig. 73, nach den neuesten von Fechner daran angebrachten Verbesserungen, besteht aus einer trockenen oder Zamboni'schen Säule von 800—1000 Plattenpaaren von 1,5 Zoll Durchmesser, die in einem dickgefirnissten Glaszylinder eingeschlossen und in einem passenden Kästchen von Holz in horizontaler Lage befestigt ist. Der Glaszylinder ist an beiden Enden mit Metallkappen geschlossen, die mit den Polen der Säule in directer leitender Verbindung stehen, und folglich die Electricität derselben annehmen müssen. Mittelst zweier Drähte, die aus einem im Deckel des Kastens angebrachten Spalt hervorragen, und mit den Metallfassungen des Cylinders durch Gelenke verbunden sind, kann nun die Electricität heraufgeführt und auf zwei kleinen Scheibchen von Messing von 8 Linien Durchmesser, mit den Enden der Drähte ebenfalls durch Gelenke zusammenhängend, verbreitet werden. Diese Scheibchen bilden also die eigentlichen Endpunkte der Säule. Sie können vermittelst der Gelenke beliebig einander genähert oder von einander entfernt und doch zugleich beide Flächen in verticaler Stellung, und also parallel einander gegenüber erhalten werden. Zwischen beiden schwebt ein langes, schmales Goldblättchen, das ähnlich wie bei anderen Elektroskopen in einer Glasglocke, am unteren Ende eines wohl isolirten Drahtes hängt, dessen oberes aus der Glocke hervorgehendes Ende die Platte eines Condensators oder eine andere Metallplatte trägt. Das Goldblättchen kann zwischen beiden Polen, wenn dieselben nicht gar zu nahe stehen, leicht eine Gleichgewichtslage annehmen. Aber die geringste Menge von Electricität, die man ihm ertheilt, ändert diese Lage; es wird sich nämlich von dem gleichartig elektrischen Pole entfernen, dem ungleichartig elektrischen nähern, bis zur Herstellung einer neuen Gleichgewichtslage, oder selbst bis zum Anschlagen an dem Polende. Die Größe und Schnelligkeit dieser Bewegung gewährt ein oberflächliches Urtheil über die Stärke der mitgetheilten Electricität und die Richtung des Weges zeigt die Qualität derselben an. Soll das Blättchen genau in der Mitte zwischen beiden Polen hängen, so ist es nöthwendig, dass beide stets mit Electricität von gleicher absoluter Dichtigkeit behaftet bleiben. Zu diesem Zwecke befindet sich in der Mitte des Glaszylinders eine Oeffnung, durch welche ein Messingdraht bis zu dem Mittelpunkte der Säule eindringt. Das äußere Ende desselben ist mit einem kleinen, aus dem Holzkasten isolirt hervorstehenden Knopfe versehen.

<sup>1)</sup> In Betreff des Henley'schen Elektrometers s. Elektrisirmaschine.

So oft letzterer mit dem Finger berührt wird, erhalten beide Pole eine elektrische Ladung von gleicher absoluter Dichtigkeit.

Die besten Elektroskope mit trockener Säule besitzen einen so hohen Grad der Empfindlichkeit, dass wenn man an dem oberen Drahtende eine dreizöllige ebengeschliffene Kupferplatte anschraubt, auf diese eine ähnliche Zinkplatte setzt und dann wieder abhebt, das Goldblättchen sich dem positiven Pole bis zum Anschlagen nähert, selbst wenn der Abstand beider Polscheibchen 12 Linien beträgt.

B.

Elemente (chemische), Grundstoffe, Urstoffe, heißen die chemisch unzerlegbaren, aus ihren Verbindungen abscheidbaren Stoffe, welche unsern Planeten zusammensetzen. Die Zahl der gegenwärtig bekannten Grundstoffe beträgt 59; sie heißen:

Aluminium, Antimon, Arsenik, Baryum, Beryllium, Blei, Bor, Brom, Cadmium, Calcium, Cer, Chlor, Chrom, Didym, Eisen, Fluor, Gold, Jod, Iridium, Kalium, Kobalt, Kohle, Kupfer, Lanthan, Lithium, Magnesium, Mangan, Molybdän, Natrium, Nickel, Niobium, Osmium, Palladium, Pelopium, Phosphor, Platin, Quecksilber, Rhodium, Rutenium, Sauerstoff, Schwefel, Selen, Silber, Silicium, Stickstoff, Strontium, Tantal, Tellur, Thorium, Titan, Uran, Vanadium, Wasserstoff, Wismuth, Wolfram, Yttrium, Zink, Zinn, Zirconium.

Jene Elemente bilden die Grundlage der heutigen Chemie, und sind größtentheils das unmittelbare Ergebniss der experimentellen Forschungen des letzten Jahrhunderts. Je weniger man zur Erkenntniss derselben auf einem anderen Wege als durch das Experiment gelangen kann, um so begreiflicher ist es, dass in demjenigen Zeitalter der Naturforschung, wo die bloße Speculation als die einzige sichere Methode galt, nicht eins der heutigen Elemente als solches erkannt worden ist, und dass überhaupt die Vorstellungen von dem, was man als Grundstoffe zu betrachten habe, ebenso sehr von einander abweichen, als sie an und für sich unklar und unfruchtbar gewesen sind.

Die bekannten Elemente des Aristoteles, Feuer, Wasser, Luft, Erde, denen die Ansicht zu Grunde lag, dass es unter den sinnlich wahrnehmbaren Eigenschaften der Materie gewisse Grundeigenschaften gebe, welche vorzugsweise das Wesen der Materie bedingen, galten eben nur als Repräsentanten dieser Grundeigenschaften, ohne dass dabei die Möglichkeit einer chemischen Zerlegung überhaupt in Betracht kam. Von ebenso geringer Bedeutung für die Fortbildung der Wissenschaft sind diejenigen Ansichten gewesen, welche das spätere Zeitalter der Alchemie und medicinischen Chemie hervorgerufen hat. Es ist begreiflich, dass eine chemische Theorie, welche Schwefel, Quecksilber und Salz als die Elemente der Körperwelt hinstellte, und auf der Metallverwandlung als einer erfahrungsmäßig begründeten Thatsache fußte, keine Früchte tragen konnte. Erst Boyle legte um die Mitte des 17ten Jahrhunderts den Grund zu einer wissenschaftlicheren Behandlung der Chemie. Indem er die Methode des Aristoteles, von allgemeineren Begriffen durch Speculation zur Erkenntniss der einzelnen Thatsachen zu gelangen, bekämpfte, und auf gleiche Weise die Elemente der Alchemisten als unhaltbar verwarf, bezeichnete er die Beobachtung und das Experiment als die einzige sichere Grundlage zu einer richtigen Erkenntniss der elementaren Zusammensetzung der Körperwelt. Obschon diejenigen Stoffe, welche er und seine nächsten Nachfolger als einfache

ansahen, späterhin größtentheils als noch zusammengesetzte erkannt worden sind, so folgte er doch demselben Princip, welches noch jetzt Geltung hat, nämlich die aus ihren Verbindungen abscheidbaren Körper so lange als einfache Stoffe zu betrachten, als sie nicht weiter in einfachere Bestandtheile zerlegt werden.

Ob die 59 Stoffe, welche gegenwärtig für die Elemente unserer Erde gehalten werden, wirklich einfache Stoffe sind, oder ob sie künftig noch einer weiteren Zerlegung unterworfen seyn werden, liegt außer dem Bereich unseres Wissens. Kann auch die Möglichkeit eines solchen Fortschritts der Chemie nicht in Abrede gestellt werden, so sprechen wenigstens keine Thatsachen überzeugend genug, um die Zusammengesetztheit des einen Elements wahrscheinlicher zu machen, als sie bei den übrigen vorausgesetzt werden darf. Wenn der Indifferentismus des Stickstoffs eine Zeit lang an der Einfachheit desselben zweifeln liefs, so ist dieser Zweifel wenigstens von dieser Seite her als ein unbegründeter anzusehen, seitdem neuere Untersuchungen gezeigt haben, dass er sich unmittelbar mit Kohle zu Cyan vereinigt.

Mit etwas größerer Sicherheit lässt sich die Frage verneinend beantworten, ob wir schon jetzt alle unsern Planeten constituirenden Grundstoffe kennen gelernt haben. Denn abgesehen davon, dass noch fast jedes Jahr die Entdeckung eines neuen Elements gebracht hat, reicht schon eine einfache Vergleichung der geringen Tiefe, bis zu welcher man in die äußerste Erdrinde eingedrungen ist, mit dem unendlich mal größeren unbekanntem Kerne hin, um der Vermuthung, dass in dieser der Untersuchung unzugänglichen Erdmasse noch viele Elementarbestandtheile, namentlich mit sehr hohem specifischen Gewichte angehäuft liegen mögen, von denen keins jemals bis zur Oberfläche gelangt ist, einen hohen Grad von Wahrscheinlichkeit zu ertheilen, eine Vermuthung, welche durch das locale und an gewisse Gebirgsformationen gebundene Vorkommen mehrerer der bekannten Elemente sehr unterstützt wird.

Von den genannten Elementen nehmen nur wenige, wie das Silicium, Aluminium, Calcium, Kalium, Sauerstoff u. a. an der Constitution der Hauptgebirgsmassen der Erdoberfläche Theil; die meisten gehören zu den seltneren, wenig verbreiteten, und einige derselben, wie Thorium, Zirconium, Pelopium etc. werden so selten angetroffen, dass kaum ihre Haupteigenschaften bekannt sind.

Die Eigenschaft der Metalle, den nach ihnen sogenannten Metallglanz zu verbreiten, und gute Leiter der Wärme und Elektrizität zu seyn, hat zu einer Eintheilung der Elemente in Metalle und Metalloide (Nicht-Metalle), denen jene Eigenschaft fehlen, Veranlassung gegeben. (Vor der Entdeckung der Alkali-Metalle galt außerdem noch das hohe specifische Gewicht für ein charakteristisches Kennzeichen der ersteren.) Abgesehen davon, dass dieser Classification blofs physikalische Merkmale zum Grunde liegen, entspricht sie auch darum nicht ganz den Anforderungen eines chemischen Systems, weil sie Körper, wie Schwefel, Selen und Tellur, u. a., welche sich durch die Aehnlichkeit ihres chemischen Verhaltens eng an einander anschließen, von einander trennt. (Vergl. Metalle, Metalloide.)

Eine naturgemäfsere und dem Princip des chemischen Lehrgebäudes entsprechendere Eintheilung möchte diejenige seyn, welche die einzelnen chemisch verwandten Stoffe in Gruppen zusammenstellt. Indem man

dabei die Gruppen möglichst nach dem elektrochemischen Systeme ordnet, entsteht folgende Reihe:

|              |              |              |
|--------------|--------------|--------------|
| Sauerstoff.  | Pelopium.    | Zirconium.   |
| Schwefel.    | Niobium.     | Thorium.     |
| Selen.       | Tantal.      | Aluminium.   |
| Tellur.      | Titan.       | Beryllium.   |
|              |              | Yttrium.     |
| Fluor.       | Osmium.      | Cerium.      |
| Chlor.       | Gold.        | Lanthan.     |
| Brom.        | Iridium.     | Didym.       |
| Jod.         | Platin.      |              |
|              | Rhutenium.   | Baryum.      |
| Stickstoff.  |              | Strontium.   |
| Phosphor.    | Rhodium.     | Calcium.     |
| Arsenik.     | Palladium.   | Magnesium.   |
| Antimon.     | Silber.      | Lithium.     |
|              | Quecksilber. | Natrium.     |
| Kohlenstoff. | Kupfer.      | Kalium.      |
| Bor.         | Wismuth.     |              |
| Silicium.    | Blei.        | Wasserstoff. |
| Chrom.       | Uran.        |              |
| Vanadin.     | Mangan.      |              |
| Molybdän.    | Kobalt.      |              |
| Wolfram.     | Nickel.      |              |
|              | Eisen.       |              |
|              | Zinn.        |              |
|              | Kadmium.     |              |
|              | Zink.        |              |

K.

**Elemi**, *gummi* oder *resina Elemi*. Von diesem Harze, das zu Firnissen und in der Heilkunde angewendet wird, giebt es zwei Sorten, das gemeine oder westindische Elemi, das wahrscheinlich von einer *Leica*-Art abstammt, und nach gemachten Einschnitten aus den Bäumen ausfließt, und das ostindische, welches von *Balsamodendron zeylanicum Kunth.* abgeleitet wird. Letzteres gilt für vorzüglicher, kommt aber selten mehr im Handel vor; beide Sorten sind übrigens im Aeußern sehr ähnlich. Das Elemiharz kommt gewöhnlich in durchscheinenden, fettglänzenden, meistens in Palmblätter eingewickelten Massen von gelber Farbe und 1,08 specif. Gew. vor. Im frischen Zustande ist es ziemlich weich, wird aber nach und nach härter. Es ist leicht schmelzbar, hat einen balsamisch bittern Geschmack und eigenthümlichen gewürzhaften Geruch. Es leuchtet im Dunkeln, wenn es gerieben oder erwärmt wird. Nach *Bonastre* enthält das Elemi 0,6 eines in Weingeist leicht auflöselichen, sauer reagirenden Harzes; 0,24 eines krystallisirbaren schwer löslichen Harzes; 0,125 ätherisches Oel; 0,02 bittere extractförmige Materie und 0,015 fremde Einmengen. Beim Destilliren der Alkohol-Lösungen des Elemi ging außerdem ein in farblosen Blättchen krystallisirender Körper von süßlichem Geschmack und saurer Reaction mit über. Nach *Vogel* reagirt auch die wässrige Abkochung des Elemi schwach sauer. Der Gehalt des Elemi an ätherischem Oel ist je nach seinem Alter sehr veränderlich; *Stenhouse* fand davon in einem Elemi nur  $3\frac{1}{2}$  Proc.

Das krystallisirbare Elemiharz wird nach H. Rose rein erhalten, indem man mit kaltem Weingeist ausgezogenes Elemi in kochendem Alkohol auflöst, woraus es sich beim Erkalten in vollkommen weissen kleinen, der Form nach nicht näher bestimmbar Krystallen abscheidet. Es ist bei gewöhnlicher Temperatur ziemlich schwer löslich in Alkohol. Die Auflösung ist neutral und wird durch Metallsalze nicht gefällt, aber durch Ammoniak in eine weisse, nicht sehr consistente Gallerte verwandelt. Das auf angegebene Weise erhaltene Harz hat nach Hess und Marchand die Zusammensetzung:  $C_{40}H_{66}O$ , welche Formel mit der von Laurent für das krystallisirbare Anime-Harz aufgestellten, sowie mit der von Dumas für das Harz aus der Wurzel des Theerbaums (*l'arbre à brai*) gefundenen übereinstimmt. Rose's Analysen stimmen indessen zum Theil besser mit der Formel:  $C_{40}H_{68}O$ , und es ist sonach noch ungewiss, welche von beiden die richtige ist.

Wird die Alkoholauflösung dieses Harzes im luftleeren Raume oder in sehr gelinder Wärme verdunstet, so scheidet sich neben unverändertem krystallinischen Harze auch ein Harz in amorphen glasartigen, weissen oder gelblichen Massen ab, welches von ersterem mit unbewaffnetem Auge oft nicht unterschieden, und davon nicht vollständig getrennt werden kann. Die Zusammensetzung des so erhaltenen Harzes ist von der obigen verschieden und dieses um so mehr, je mehr von der amorphen Modification es enthält. Es zeigt, bei  $+100^{\circ}$  getrocknet, einen geringern Kohlenstoff- und einen grössern Sauerstoff-Gehalt und seine Zusammensetzung ist so, wie wenn man zu einer der obigen Formeln Sauerstoff und Wasserstoff in dem Verhältnisse, worin sie Wasser bilden, in verschiedener Menge hinzuaddirt. Es scheint demnach, dass dieses Harz beim Verdunsten seiner weingeistigen Auflösung Wasser oder dessen Elemente aufnimmt. Das andere im Elemi enthaltene und daraus durch Digestion mit sehr wasserhaltigem Weingeist und Erkalten des Auszuges dargestellte Harz hat eine der des glasigen Harzes analoge Zusammensetzung: es enthält 76,80 Kohlenstoff, 11,89 Wasserstoff und 11,31 Sauerstoff (H. Rose)<sup>1)</sup>.

*Schn.*

**Elemi.** Ein von Baup aus dem Elemi ausgeschiedenes Harz, welches wahrscheinlich mit dem von Rose untersuchten (s. Elemi) identisch ist, welches aber nach Baup glänzende, rhombische, mit zwei Flächen zugespitzte Säulen bildet.

*Schn.*

**Elemiöl.** Formel:  $C_8H_8$  (Stenhouse, Deville). Das im Elemi enthaltene und daraus durch Destillation mit Wasser abzuschiedende ätherische Oel ist durchsichtig und ungefärbt, von angenehmem Elemigeruch und scharfem Geschmack. Es ist unlöslich in Wasser; in wasserhaltigem Weingeist löst es sich wenig, in Alkohol und Aether leicht auf. Specif. Gew. 0,852 bei  $+24^{\circ}$  (Stenhouse); nach Deville dagegen ist es = 0,849 bei  $+11^{\circ},5$ . Es siedet bei  $+166^{\circ}$  nach Stenhouse, bei  $+174^{\circ}$  nach Deville. Es ist brennbar mit leuchtender rufsender Flamme. Sein Lichtbrechungsvermögen ist dem des Terpenthinöls gleich; es lenkt den Lichtstrahl auf der Polarisationsebene nach links ab und sein Rotationsvermögen ist auf eine Länge von 100 Millim. = 90,3. Durch Hineinleiten von Chlorwas-

<sup>1)</sup> Pogg. Ann. Bd. XLVIII. und LIII.

serstoffgas bilden sich eine flüssige und eine starre Verbindung, beide nach der Formel:  $C_{10}H_{16} + H_2Cl_2$  zusammengesetzt. Die starre Verbindung zeigt kein Rotationsvermögen (Deville). *Schn.*

**Elephantenläuse.** Unter diesem Namen findet man in den Apotheken die Früchte zweier Bäume, die jedoch nur noch als sympathisches Mittel angewendet werden. Die westindischen Elephantenläuse kommen von *Anacardium occidentale L.*, sind nierenförmige, etwa 1 Zoll lange Nüsse, mit öligem, süßem Kern der essbar ist und wie die Mandeln benutzt wird. Zwischen ihrer äußeren und inneren Schale findet sich ein scharlachrother ätzend-scharfer Saft, der als blasenziehendes Mittel angewendet werden kann. Er enthält unter Anderem Gerbsäure, Gallussäure, Gummi und Harz.

Die ostindischen Elephantenläuse, von *Semecarpus Anacardium L.*, sind herzförmig-eirunde, platte, etwa  $\frac{3}{4}$  Zoll lange Nüsse, mit ölig mildem Kerne. Die zellige Schale enthält einen öligen, ätzend-scharfen Saft, der an der Luft schwarz wird und auf Leinwand und Baumwolle unverilgbare Flecke macht, weshalb er zum Zeichnen der Zeuge dient. Er hat in dieser Hinsicht Aehnlichkeit mit dem Saft des Sumachs (*Rhus radicans*). *S.*

**Elfenbein** ist die Substanz der Stofszähne des Elefanten. Im weiteren Sinn wird jedoch auch die Masse der übrigen Elephantenzähne, der Zähne des Wallrosses, des Narwalls und anderer Thiere mit diesem Namen belegt und als Elfenbein verarbeitet. Auch die fossilen Elephantenzähne werden, wenn sie noch gut erhalten sind, als Elfenbein benutzt. Ueber die Bestandtheile des Elfenbeins und der Zähne überhaupt s. d. Art. Zähne. *Schn.*

**Elfenbeingelb.** Eine von Robert in Sévres erfundene Porcellanfarbe, welche nach der Analyse von Salvétat aus 19,22 Kieselsäure, 57,04 Bleioxyd, 3,08 Natron, 0,44 Kali, 7,09 Borsäure, 6,12 Eisenoxyd, 2,99 Zinkoxyd, und 3,41 Antimonsäure besteht <sup>1)</sup>. *Schn.*

**Elfenbein, schwarzgebranntes, s. Beinschwarz.**

**Elfenbein, vegetabilisches.** — Die Cotyledonen in den Fruchtknoten von *Phytelephas macrocarpa*, einer südamerikanischen, den Palmen verwandten Pflanze, bilden beim Reifen einen weissen harten Körper, der wegen seiner Härte und Politurfähigkeit den Namen vegetabilisches Elfenbein erhalten hat, und mehrfache Anwendung zu Drechslerarbeiten gestattet. Es besteht nach Arthur Connell in 100 Theilen aus: Gummi 6,73; Legumin 3,80; Albumin 0,42; fettes Oel 0,73; Asche 0,61; Wasser 9,37; Cellulose 81,34.

v. Baumhauer <sup>2)</sup> hat daraus durch abwechselndes Behandeln mit Kalilauge, Alkohol, Aether und Essigsäure die Cellulose im möglichst reinen Zustande dargestellt und analysirt. Seine Resultate stimmen mit den von Payen und Fromberg angestellten Analysen des Pflanzenzellgewebes nahe überein. *K.*

**Elixir. Elixir.** Die ursprüngliche Bedeutung dieses Wortes ist bereits in dem Artikel Alchemie, Bd. I, S. 180, angegeben worden. Man wird daraus leicht erkennen, wie die derselben zu Grunde liegen-

<sup>1)</sup> Ann. de Chim. et de Ph. III. Sér. XV. p. 120.

<sup>2)</sup> Scheikond. Onderzoek. II. p. 62.

den mysteriösen Ideen sehr bald die Erfindung einer großen Anzahl von flüssigen, aus den verschiedenartigsten, meist organischen Stoffen zusammengesetzten Arzneien hervorrief und für diese den allgemeinen Namen Elixir veranlasste. Aber ganz im Sinne der Alchemie hielten die Erfinder die Bereitung ihrer Fabricate geheim und sie verbreiteten davon ungewöhnliche, mit unseren jetzigen Ansichten unvereinbare Eigenschaften und Wirkungen. Bei der damaligen Leichtgläubigkeit gelang es ihnen, das Publicum zu täuschen und mit ihren, nach den fälschlich beigelegten Wirkungen speciell bezeichneten Elixiren sehr lucrative Geschäfte zu treiben. Daher machen gerade die Elixire einen großen Theil von den Arzneien aus, womit in früheren Zeiten ein grenzenloser Betrug getrieben wurde, der auch noch jetzt nicht als ganz unterdrückt angesehen werden kann.

Da die Bestandtheile derselben größtentheils organische und diese oft sehr zahlreich waren, so würde die Natur der Elixire und die Bedeutung derselben als Arzneiformen im Sinne der jetzigen Zeit nicht so bald erkannt worden seyn, wenn nicht die Bereitung derselben von Zeit zu Zeit verrathen und öffentlich mitgetheilt worden wäre. Man erkannte darin beachtenswerthe Arzneiformen, und Aerzte und Pharmaceuten bemüheten sich dann, zweckmäßigere Gemische nach denselben Principien zusammensetzen, wofür sie den allgemeinen Namen *Elixirium* beibehielten und diesem bald nach den wichtigsten Bestandtheilen, bald nach den Wirkungen gewählte Trivialnamen hinzufügten. Solche Zusammensetzungen fanden allmählig bei Aerzten eine allgemeine Anerkennung, so dass sie von Pharmacopoeen aufgenommen wurden und ältere Pharmacopoeen und Dispensatorien eine nicht unbedeutende Anzahl davon enthalten, die aber in neueren Büchern der Art sehr beschränkt und zum Theil in der Zusammensetzung sehr verändert worden ist, indem man als überflüssig erachtete Stoffe weggelassen und häufig dafür andere dem Zweck entsprechendere hinzugefügt hat.

Es ist schwer, mit wenig Worten einen allgemeinen Begriff von der Natur dieser Elixire zu geben und diese dadurch von Essenzen und Tincturen zu unterscheiden. Allerdings sind diese im eigentlichen Sinne des Wortes die Lösungen der löslichen Bestandtheile aus nur einer Substanz, erhalten durch Ausziehen daraus mit Weingeist, Wein, Wasser u. s. w., während das Wort Elixir nur dann in Anwendung kommt, wenn mit denselben Flüssigkeiten mehrere Substanzen auf ein Mal extrahirt und dadurch Lösungen von zahlreicheren Stoffen erhalten worden sind. Aber dadurch unterscheidet sich ein Theil der Elixire nicht wesentlich von zusammengesetzten Tincturen und Essenzen, wiewohl man die Auszüge nur dann so zu nennen pflegt, wenn sie klar sind und in Folge einer größeren Quantität von dem Lösungsmittel eine hellere Farbe haben, aber Elixire, wenn sie concentrirter sind, eine dunklere Farbe und trübe oder bei der Aufbewahrung sich leicht trübende Beschaffenheit haben. Inzwischen wird die größere Anzahl der Elixire von Lösungen und Extracten, Salzen, ätherischen Oelen u. s. w. in einfachen, meistens aber zusammengesetzten Tincturen ausgemacht, und haben diese eben dadurch eine sehr dunkle, oft fast schwarze, stets trübe Beschaffenheit. Einige Elixire sind auch bloße Gemische von flüssigen Arzneikörpern, welche ein klares und klar bleibendes, gewöhnlich aber in Folge wechselseitiger Veränderung ein trübes oder doch bald nachher trübe werdendes Gemische geben.

Im Allgemeinen sind daher Elixire flüssige, meistens trübe, oder nach neueren Vorschriften durch Filtration geklärte und dunkel gefärbte Arzneiformen, zusammengesetzt aus den verschiedenartigsten, oft sehr vielen, zuweilen durch die Vermischung bald mehr, bald weniger veränderter Arzneikörper, wie dies am besten erkannt wird, wenn hier Vorschriften für einige, verschiedene, noch von neueren Pharmacopöen beibehaltenen Elixiren mitgetheilt werden:

*Elixir acidum Halleri.* Ein Gemisch von gleichen Theilen Alkohol und Schwefelsäure. Enthält demnach, s. Bd. I, S. 209, unveränderten Alkohol und Schwefelsäure und aus beiden neu gebildetes schwefelsaures Aethyloxyd-Wasser =  $\text{AcS} + \text{HS}$  oder die sogenannte Schwefelweinsäure. Es ist klar und farblos. Hat in neueren Pharmacopöen den Namen *Mixtura sulphurico-acida* erhalten.

*Elixir ad longam vitam.* Lebenselixir. Nach der neuesten Preussischen Pharmacopoe werden 10 Drachmen Aloë, Lärchenschwamm, Rhabarber, Zittwer, Enzian, Galgant, Myrrhe und Theriak, von jedem 8 Scrupel und außerdem 2 Scrupel Safran und 4 Unzen Zucker zugleich mit 4 Pfund Franzbranntwein durch Digestion ausgezogen, die gebildete Lösung ausgepresst und filtrirt. Sie ist schwarzbraun und klar.

*Elixir Aurantium compositum.* Nach der Pharm. Hann. werden 4 Unzen Pomeranzenschalen, 2 Unzen unreife Pomeranzen, 2 Unzen Zimmtcassie und 1 Unze kohlen-saures Kali mit 4 Pfund Malaga ausgezogen und in der erhaltenen Tinctur die Extracte von Wermuth, Cascarille, Enzian und Bitterklee zu 1 Unze eines jeden aufgelöst und das schwarzbraune trübe Liquidum mit 2 Drachmen Citronenöl und 2 Unzen Hoffmanns-Tropfen vermischt.

*Elixir viscerale Hoffmanni.* Man löst nach der Pharm. Hann. die Extracte von Cardobenedict, Cascarille, Tausendgüldenkraut, Enzian und Myrrhe zu 2 Drachmen eines jeden in 8 Unzen Pomeranzenrinden-Tinctur und 2 Pfund Malaga auf.

*Elixir viscerale Kleinii* ist dasselbe Elixir, aber vermischt noch mit  $\frac{1}{2}$  Unze essigsaurem Kali.

*Elixir e succo Liquiritiae* s. *Elixir pectorale Regis Daniae.* Man löst 2 Unzen Lakritzensaft in 6 Unzen Fenchelwasser auf und vermischt die Lösung mit 2 Unzen Liquor Ammonii anisatus.

*Elixir citrioli Mynsichti* s. *Tinctura aromatica acida.* Man vermischt 24 Theile Tinctura aromatica mit 1 Theil Schwefelsäure.

*Elixir roborans Whyttii* s. *Tinctura Chinae composita.* Man extrahirt 4 Unzen braune Chinarinde,  $1\frac{1}{2}$  Unze Pomeranzenschalen und  $1\frac{1}{2}$  Unze Enzian mit 4 Pfund Franzbranntwein und filtrirt die durch 6tägige Digestion gebildete Lösung.

*Elixir Proprietatis Paracelsi.* Nach der Pharm. Bor. werden 2 Unzen Aloë, 2 Unzen Myrrhe, 1 Unze Safran mit 2 Pfund Weingeist und 2 Unzen verdünnter Schwefelsäure übergossen, und die nach 4tägiger Digestion gebildete Lösung filtrirt. Wrs.

**Elixivatio**, Auslaugung, ist eine pharmaceutische oder technische Operation, durch welche der lösliche Theil irgend eines Gemenges organischer Substanzen durch ein Lösungsmittel zu geeigneter Benutzung entzogen wird. Diese Operation heißt Aussüßsen oder Auswaschung, wenn nicht die Auflösung, sondern der ungelöst bleibende Rückstand benutzt wird. Auf die Erschöpfung organischer Sub-

stanzen angewendet, nennt man dieses Verfahren Ausziehung (*Extractio*). Die wesentlichsten der bei der Auslaugung zu erfüllenden Bedingungen sind: die auszulaugende Substanz muss möglichst gleichförmig in den Zustand versetzt seyn, dass sie von dem Lösungsmittel auf das Leichteste angegriffen wird, das Eindringen des Lösungsmittels muss gleichförmig in horizontaler Richtung von oben nach unten geschehen, die zuerst ablaufenden Lösungen müssen, wenn sie noch nicht vollständig gesättigt sind, aufs Neue über die auszulaugende Substanz gegossen und die zuletzt ablaufenden, schwachen Lösungen bei künftigen Operationen derselben Art anstatt des reinen Lösungsmittels angewendet werden. Man erhält auf diese Weise möglichst concentrirte Lösungen (*Laugen*), die, falls sie zur Trockniss verdampft werden müssen, verhältnissmässig wenig Brennmaterial erfordern. — Das Auslaugen kommt in Anwendung bei der Bereitung der Seife, der Pottasche, des Salpeters u. a. m. — s.

**Ellagsäure.** (*Acid. ellagicum*. Bezoarsäure). Sie wurde zuerst von Chevreul <sup>1)</sup> beobachtet und später von Braconnot sowie von Pelouze <sup>2)</sup> untersucht. Braconnot gab ihr den Namen Ellagsäure, gebildet durch Umkehrung des Wortes Galle (Gallapfel). Nach Grischoff kommt sie in den Wurzeln von *Tormentilla erecta* fertig gebildet vor und Wöhler und Merklein fanden eine Art der Bezoare daraus bestehend. — Schon Taylor hatte vermuthet, dass die in diesen Bezoaren enthaltene Säure Ellagsäure sey. Lipowitz hatte sie für eine eigenthümliche Säure gehalten und Bezoarsäure genannt. Wöhler und Merklein <sup>3)</sup>, die diesen Namen beizubehalten vorschlugen, wiesen ihre Identität mit der Ellagsäure nach, berichtigten die früher von Pelouze aufgestellte Formel und unterwarfen sie einer ausführlicheren Untersuchung.

Nach ihnen ist die Formel für die wasserfreie Säure in den Salzen  $= C^{14}H^2O^7 = \bar{E}l$ .

| Zusammensetzung            |         | in 100 Thln. |             |
|----------------------------|---------|--------------|-------------|
| 14 Aeq. Kohlenstoff . .    | 1051,68 | . .          | 59,195      |
| 2 » Wasserstoff . .        | 24,96   | . .          | 1,405       |
| 7 » Sauerstoff . .         | 700,00  | . .          | 39,400      |
| 1 At. wasserfr. Ellagsäure |         | 1776,64      | . . 100,000 |

Die bei 120° C. getrocknete Säure enthält noch 1 At. Wasser, welches nur durch Basen abscheidbar ist, ihre Formel ist  $= \bar{H}E\bar{l}$  und ihr Wassergehalt 5,954 Proc. Die krystallisirte Säure enthält ausserdem 2 At. Krystallwasser  $= \bar{H}E\bar{l} + 2\bar{H}$ , dies beträgt 10,64 Proc.; es entweicht schon bei 100° — 120°, doch nimmt die Säure, wenn sie nicht höher erhitzt wurde, dieses allmählig aus der Luft wieder auf, wurde sie bis zu 200° erhitzt, so hat sie dies Vermögen verloren.

Die Ellagsäure bildet sich zugleich mit der Gallussäure, wenn eine Galläpfelinfusion der Luft ausgesetzt wird; sie findet sich in dem unlöslichen Rückstande, aus welchem die Gallussäure durch kochendes Wasser ausgezogen wurde. Man erhält sie auf diese Weise nur in geringer Menge. Nach Braconnot wird die Ausbeute etwas gröfser, wenn ge-

<sup>1)</sup> Ann. de Chim. et de Phys. T. IX. p. 329.      <sup>2)</sup> Ann. de Chim. et de Phys. T. LIV. p. 337.      <sup>3)</sup> Ann. der Chem. und Pharm. Bd. LV. S. 129.

pulverte Galläpfel mit sehr wenig Wasser vermischt und, um das Eintrocknen zu verhüten, bedeckt an einen warmen Ort gestellt werden. Das Gemisch geräth in Gährung und es entwickelt sich Kohlensäure und ein weinartiger Geruch. Nach beendigter Gährung wird die Flüssigkeit ausgepresst, sie enthält unzerstörte Gerbsäure und ein wenig bei der Gährung gebildeten Alkohol. Der Rückstand wird mit kochendem Wasser angerührt und auf ein leinenes Seihetuch gebracht. Es geht eine trübe Lösung von Gallussäure durch, welche in der Nähe eine gelbweisse, der Stärke ähnliche Substanz absetzt. Diese ist unreine Ellagsäure, sie wird auf einem Filter gesammelt, mit kochendem Wasser gewaschen, in einer schwachen Kalilauge gelöst und durch Salzsäure gefällt, wobei man sie als weisses Pulver mit einem Stich ins Gelbe erhält.

Die Bezoare, welche aus Ellagsäure bestehen und die eigentlichen orientalischen Bezoare ausmachen, haben eine dunkel olivengrüne, zuweilen auch bräunliche oder marmorirte Farbe und meist eine ei- oder nierenförmige Gestalt. Sie haben einige Aehnlichkeit mit denen, welche aus Lithofellinsäure bestehen, doch sind sie leicht dadurch zu unterscheiden, dass ein Stückchen Lithofellinsäure-Concretion leicht schmilzt, während Ellagsäure nicht schmilzt, sondern verkohlt und sich dabei mit glänzenden gelben Krystallen belegt.

Um aus den orientalischen Bezoaren reine Ellagsäure zu erhalten, befreit man sie von der Kernmasse, zerreibt sie zu feinem Pulver und übergießt dies in einem luftdicht schliessenden Gefässe mit einer mässig starken Lösung von Kalihydrat. Das Gefäss wird bewegt, bis die Auflösung des Pulvers erfolgt ist; es muss ganz von dem Gemisch angefüllt seyn und die Kalimenge muss man so zu treffen suchen, dass weder ellagsaures Kali ungelöst sich absetzt, noch ein zu grosser Kaliüberschuss bleibt. Ebenso wenig darf man Wärme anwenden oder die Lösung zu lange stehen lassen, indem in allen diesen Fällen, vorzüglich bei Gegenwart von Luft eine schnell fortschreitende Zerstörung der Säure eintritt. Die Lösung hat eine tief safrangelbe Farbe. Nachdem sie sich geklärt hat, lässt man sie mittelst eines mit Wasser gefüllten Hebers in ein bereits mit Kohlensäure gefülltes Gefäss ruhig abfliessen und leitet sogleich einen raschen Strom von gewaschenem Kohlensäuregas hinein. In dem Maasse, wie sich das überschüssige Kali mit Kohlensäure sättigt, schlägt sich neutrales ellagsaures Kali in Gestalt eines weissen Pulvers nieder; doch hat das, welches sich zuletzt abscheidet und am längsten der verändernden Einwirkung der Luft ausgesetzt war, eine grünlich graue Farbe. Es wird abfiltrirt, einige Male mit kaltem, luftfreiem Wasser gewaschen und zwischen Löschpapier ausgepresst.

Die ablaufende gefärbte Flüssigkeit enthält noch etwas Ellagsäure aufgelöst, die sogleich mit Salzsäure ausgefällt wird. Sie ist braun gefärbt, kann aber durch Wiederholung des obigen Verfahrens gereinigt werden.

Das gewaschene Kalisalz wird durch Umkrystallisiren gereinigt. Man löst es in ausgekochtem, fast siedendem Wasser und filtrirt die grünbraune Lösung. Hierbei bleibt oft ein schweres gelbes oder blassgrünes Pulver ungelöst; es ist ellagsaures Kali, welches beim Erhitzen sein Wasser verloren hat. Durch eine neue Portion warmen Wassers wird es langsam aber vollständig gelöst. Beim Erkalten der Lösung scheidet sich das Kalisalz in voluminösen, fein krystallinischen Massen aus, jedoch so langsam, dass mehrere Tage hierzu erforderlich sind. Das an-

geschossene Salz wird mit kaltem, luftfreiem Wasser gewaschen, ausgepresst und im luftleeren Raume getrocknet.

Zur Abscheidung der Säure wird dieses Salz wiederum in heissem Wasser gelöst und die Lösung unter stetem Umrühren in schwache Salzsäure gegossen, welche in geringem Ueberschuss vorhanden seyn muss. Die gefällte Ellagsäure wird abfiltrirt, mit kaltem Wasser ausgewaschen und getrocknet.

Die reine Ellagsäure ist ein blassgelbes, leichtes Pulver, welches sich bei starker Vergrößerung aus glänzenden, durchsichtigen Prismen bestehend zeigt. Sie besitzt weder Geruch, noch Geschmack und hat 1,667 spec. Gewicht bei  $+ 18^{\circ}$  C. In höherer Temperatur verkohlt sie, ohne vorher zu schmelzen, ein Theil aber entgeht der Zersetzung und setzt sich in Gestalt freier schwefelgelber Krystalle auf der Kohle ab. Erhitzt man die Säure in einem Strome von Kohlensäure, so erhält man etwas mehr von diesen Krystallen, der grösste Theil aber wird auch hierbei zersetzt. Sie ist fast, jedoch dicht völlig unlöslich in Wasser; von Alkohol wird sie in geringer Menge mit blassgelber Farbe gelöst, die Lösung röthet schwach das Lackmuspapier. In Aether ist sie unlöslich. Mit concentrirter Schwefelsäure übergossen wird die Ellagsäure, wie es scheint durch Wasserentziehung, citronengelb und löst sich bei gelinder Erwärmung vollständig und mit gelber Farbe darin auf. Durch Wasser wird sie unverändert wieder abgeschieden und lässt man die Schwefelsäure Feuchtigkeit aus der Luft anziehen, so scheidet sich die Ellagsäure allmählig in langen, feinen, fast farblosen Prismen daraus ab.

Von Salpetersäure wird sie schon bei gewöhnlicher Temperatur zersetzt, es entsteht zuerst eine blutrothe Flüssigkeit und beim Erhitzen bildet sich unter Entwicklung von Stickoxydgas Oxalsäure.

Von Kali wird sie mit intensiv safrangelber Farbe gelöst; in Berührung mit Luft wird die Lösung sogleich tief rothgelb, oft fast blutroth, nach einiger Zeit aber wieder heller und bei einer gewissen Concentration bilden sich auf der Oberfläche der Flüssigkeit schwarze, im Durchsehen dunkelblaue Krystalle von einem Kalisalz einer neu gebildeten Säure, der Glaukomelansäure (s. diese). Meist aber wird diese sogleich weiter verändert, die Flüssigkeit wird braun und das Kali findet sich dann mit Kohlensäure, Oxalsäure und einer anderen noch nicht näher untersuchten Säure verbunden. Dieselbe Säure scheint gebildet zu werden, wenn Ellagsäure mit einer Lösung von Jodsäure erwärmt wird, es findet dabei eine lebhaftere Kohlensäureentwicklung und eine reichliche Abscheidung von Jod Statt.

Zu Eisenoxydsalzen verhält sich die Ellagsäure ähnlich wie Gerbsäure und Gallussäure, sie reducirt dieselben zu Eisenoxyd-Oxydulsalzen und bildet mit diesen eine schwarzblaue Verbindung.

Die Bildungsweise der Ellagsäure durch Verwandlung der Gallusgerbsäure ist noch nicht näher bekannt. Sie kann aus 1 At. derselben  $= C^{18} H^6 O^9$  entstehen durch Aufnahme von 10 At. Sauerstoff und Abgabe von 4 At. Kohlensäure und 4 At. Wasser. — Von 2 At. wasserfreier Gallussäure  $= C^{14} H^2 O^6$  unterscheidet sie sich in der Zusammensetzung nur durch 1 At. Sauerstoff, welches die Ellagsäure mehr enthält.

Str.

**Ellagsaure Salze.** Die Ellagsäure hat wenig Vereinigungstreiben, Aus kohlenurem Kali nimmt sie Kali auf, bei gleichzeitiger Bildung von

zweifach-kohlensaurem Salz, welches sie nicht zu zersetzen vermag. Aus kohlensauern Erden treibt sie nicht die Kohlensäure aus. Sie bildet Salze von verschiedenen Sättigungsstufen und selbst mit Alkalien solche, die mehr als ein Atom Basis enthalten.

Ellagsaures Kali.  $\bar{K}\bar{E}l$ . Die Darstellung dieses Salzes wurde schon bei der Bereitung der Ellagsäure aus den Bezoaren angegeben. Es bildet nach dem Trocknen eine sehr lockere, leichte, papierähnliche Masse, die unter dem Mikroskop als eine Verwebung von langen, durchsichtigen, oft fächerförmig vereinigten Prismen erscheint. Es hat eine blassgelbe Farbe, meist aber erhält man es wegen der leichten Veränderlichkeit grünlich grau oder grünlich gelb gefärbt. In kaltem Wasser ist es wenig löslich, weit mehr in heissem, aus dem es sich nach dem Erkalten sehr langsam in krystallinischen Flocken absetzt. Es enthält Krystallwasser, verliert dieses aber so leicht, dass es schon beim Kochen mit seiner gesättigten Lösung wasserfrei und dabei dunkler gelb wird.

Ein basisches Salz erhält man, wenn Ellagsäure oder das neutrale Salz mit einer Lösung von Kali in Alkohol übergossen und damit digerirt wird. Es verwandelt sich dabei sogleich in ein citronengelbes Pulver, welches aus durchsichtigen mikroskopischen Prismen besteht. Es wird, vor Luftzutritt möglichst geschützt, abfiltrirt, mit Alkohol gewaschen, gepresst und im luftleeren Raume über Schwefelsäure getrocknet. In der Luft wird es sogleich schwarzgrün. In Alkohol ist es unlöslich, von Wasser wird es leicht und mit tief gelber Farbe gelöst. An der Luft erleidet die Lösung die schon angeführte Verwandlung in Glaukomelansäure. Bei der Analyse wurden 34,0 Proc. Kali erhalten, es scheint demnach  $3\bar{K} + 2\bar{E}l$  zu seyn. Dieser Formel entsprechen 33,2 Proc. Kali.

Ellagsaures Natron.  $\bar{N}a\bar{E}l$ . Es wird auf ähnliche Weise wie das Kalisalz erhalten und bildet ein hochgelbes krystallinisches Pulver, welches noch schwerer löslich zu seyn scheint als das Kalisalz. Ein basisches Salz erhält man durch Auflösen von Ellagsäure oder von neutralem Salz in siedender Natronlauge. Beim Erkalten der Lösung scheidet es sich als eine voluminöse, schön citronengelbe Masse von concentrisch strahligen Warzen ab. In Wasser ist es leicht löslich und lässt sich aus siedendem umkrystallisiren; bei Zutritt der Luft aber wird ein großer Theil davon zerstört. Auch das feste Salz wird an der Luft sogleich schwarzgrün.

Ellagsaures Ammoniumoxyd wird erhalten durch Uebergießen der Ellagsäure mit Ammoniak, wobei es ungelöst zurückbleibt. Beim Vermischen einer Lösung von neutralem Kalisalz mit Salmiaklösung fällt es in Gestalt eines hellolivengrünen Niederschlages, ohne dass Ammoniak frei wird. Wird die entwässerte Säure mit trockenem Ammoniakgas behandelt, so absorbirt sie dasselbe unter starker Wärmeentwicklung, indem sie in ein lebhaft grünelbes Pulver verwandelt wird. 0,449 Gm. der Säure gaben 0,508 Gm. Ammoniaksalz, es scheint demnach  $2\bar{A}m + 3\bar{E}l$  zu seyn. Beim Behandeln der leicht entwässerten Säure mit Ammoniakgas scheint neutrales Salz zu entstehen.

Ellagsaure Baryterde bildet sich beim Uebergießen von Ellagsäure mit Barytwasser und bleibt als tief citronengelbes Pulver aufgelöst. Sie ist selbst in heissem Wasser unlöslich und wird an der Luft dunkel pistaziengrün, bei gleichzeitiger Aufnahme von Kohlensäure. Das bei  $140^{\circ}C$ . getrocknete Salz besteht aus  $3\bar{B}a + 2\bar{E}l$ .

Ellagsaure Kalkerde entsteht auf dieselbe Weise wie das Barytsalz und verhält sich diesem ganz ähnlich.

Ellagsaures Eisenoxyd-Oxydul erhält man durch Erwärmen von Ellagsäure mit einer Lösung von Eisenchlorid in Alkohol als aufgequollene tiefblaue Masse, welche nach dem Trocknen schwarz und in Wasser unlöslich ist. Salzsäure nimmt daraus Eisenoxyd-Oxydul auf, während Ellagsäure sich abscheidet. Uebergießt man die Säure mit einer wässerigen Lösung von Eisenchlorid und erwärmt, so wird sie tief grau-grün und bildet zuletzt damit eine undurchsichtige, schwarzblaue, dinte-ähnliche Flüssigkeit, aus der sich nichts abscheidet. Mit schwefliger Säure übergossen gelatinirt sie, wird dann wieder flüssig und entfärbt sich unter Abscheidung einer sehr krystallinischen Ellagsäure.

Ellagsaures Bleioxyd. Ein basisches Salz,  $Pb^2El$ , wird erhalten, wenn eine Lösung von Ellagsäure in Alkohol mit einer alkoholischen Lösung von essigsurem Bleioxyd vermischt wird. Es bildet einen gelben amorphen Niederschlag, der beim Trocknen dunkel olivengrün wird. Ein Silbersalz konnte nicht hervorgebracht werden, da die Säure durch das Silberoxyd zersetzt wird. Str.

Email oder Schmelz nennt man die glasartigen Ueberzüge auf Metallarbeiten, welche den letzteren entweder zum Schutze gegen Oxydation oder zur Zierde gereichen sollen. Man unterscheidet ungefärbtes und gefärbtes Email. Das erstere ist rein weiß und undurchsichtig. Es besteht aus einer durchsichtigen Glasmasse, welcher man eine größere oder geringere Menge Zinnoxid zugesetzt hat. Dies Oxyd besitzt bekanntlich die Eigenschaft, mit Kieselerde zu einer undurchsichtigen, weißen Glasmasse zusammenzuschmelzen, was selbst dann nicht verhindert wird, wenn andere Basen zugegen sind, die mit der Kieselerde durchsichtige Gläser bilden, sobald nur die Menge des Zinnoxids hinreichend groß ist. Anstatt des reinen Zinnoxids, der sogenannten Zinnasche, bedient man sich jedoch häufig eines Gemenges aus Zinnoxid und Bleioxyd, weil dies einerseits leichter zu gewinnen ist, und weil man andererseits den Zusatz des Bleioxyds, wegen erforderlicher Leichtflüssigkeit des Emails, doch nicht entbehren kann. Dies Gemenge der beiden Oxyde verschafft man sich auf die Weise, dass man Zinn mit der gleichen oder mehrfachen Gewichtsmenge Blei legirt, und dann die Legirung anhaltend bis zum dunkeln Rothglühen erhitzt, indem man dafür sorgt, dass ein hinlänglicher Zutritt von atmosphärischer Luft stattfinden kann. Die hierdurch gebildete Oxydschicht muss stets, sobald sie eine zu bedeutende Dicke erreicht, entfernt werden, damit sie der fernern Oxydbildung nicht hinderlich ist. Man fährt auf diese Weise fort, bis alles Metall in Oxyd verwandelt ist; jedoch kann man schwer verhindern, dass nicht einige Metallkörner in dem letztern zurückbleiben, welche man aber leicht durch Zerreiben und Schlämmen abscheiden kann. Das auf diese Weise erhaltene geschlämmte Gemenge von Bleioxyd und Zinnoxid wird nun mit Kieselerde und einer alkalischen Basis zusammengeschmolzen, gewöhnlich aber werden die beiden letzteren zuerst gefrittet, d. h. mit einander bis zu einer beginnenden Schmelzung erhitzt. Die gepulverte Fritte wird dann mit den Oxyden auf das Innigste vermischt, das Gemenge in einem hessischen oder Porzellan-Tiegel abermals gefrittet, darauf gepulvert und nun erst vollständig geschmolzen. Zuweilen, wenn es auf die Gewinnung eines sehr