

I. *Ueber Elektrizität durch Vertheilung;*
von Gustav Theodor Fechner.

Nachdem durch die Versuche von Ohm und Riefs die Streitfrage über die gebundene Elektrizität erledigt schien, ist durch Knochenhauer's Versuche in diesen Annalen, Bd. XXXXVII S. 444, der Gegenstand wieder in Frage gestellt worden; indem derselbe, in Widerspruch mit jenen Beobachtern, aus seinen Beobachtungen folgern zu müssen glaubt: 1) »dafs, wenn zwei entgegengesetzte Elektrizitäten sich je nach ihrer Distanz vollständig binden, sie alle Wirkung nach ausen verlieren und allein in Beziehung auf einander stehen, die vorzüglich als gegenseitige Anziehung sich äufsert;« 2) »dafs der Ueberschufs von freier Elektrizität, der sich auf der einen Seite findet und nach ausen wirkt, seine Wirkungssphäre nach der zweiten Fläche zu, auf der nur gebundene Elektrizität vorhanden ist, nicht über dieselbe hinaus erstreckt; denn im entgegengesetzten Falle würde er noch mehr Elektrizität binden, bis seine Wirkung nach dieser Seite getilgt wäre.«

Unstreitig wäre es Schade, wenn es sich verhielte, wie Knochenhauer angiebt, indem die, nur erst wieder gewonnene, Klarheit über die wichtigsten Verhältnisse der Elektrizität uns dadurch wieder verloren ginge, die schönen Untersuchungen Poisson's dadurch unbrauchbar würden u. s. w.; aber glücklicherweise verhält es sich nicht so, und ich zweifle nicht, dafs Knochenhauer selbst diefs zugestehen wird, wenn sich nachweisen läfst, dafs zwar seine Beobachtungen ganz richtig, aber nicht mit hinreichend empfindlichen Apparaten an-

gestellt sind. Es läßt sich aber, dünkt mich, selbst theoretisch nach der von Knochenhauer bestrittenen Ansicht voraussehen, daß nur von empfindlichen Elektroskopen eine Anzeige unter den Verhältnissen erwartet werden kann, wo Knochenhauer solche vermifste.

Es ist in Wahrheit sehr frappant zu sehen, wie die lebhafteste Anziehung, die eine stark geriebene dicke Siegellackstange oder der Knopf einer geladenen Leidner Flasche auf ein an einem Leinenfaden herabhängendes Hollundermarkkugélchen oder selbst auf ein hängendes Goldblatt äußert, plötzlich ganz verschwunden scheint, wenn man eine nicht isolirte breite Metallplatte so zwischen den elektrischen und den elektroskopischen Körper einschiebt, daß, wenn der elektrische Körper ein leuchtender Körper wäre, der elektroskopische sich im Schatten der Platte befinden würde (was ich der Kürze halber im Folgenden durch den Ausdruck: *elektrischer Schatten* bezeichnen will); und wie es sich auch in Betreff des fraglichen Punktes verhalten mag, so ergibt sich hieraus jedenfalls ein für die Praxis sehr nützlich (auch bei den folgenden Untersuchungen mehrfach von mir angewandtes) Mittel, wenn man in Gegenwart elektrischer Körper zu operiren hat, den Einfluß derselben bis zum Unmerklichen zu neutralisiren ¹).

So sehr mich selbst anfangs dieß Phänomen überraschte, so stellte ich doch bald folgende Betrachtung

- 1) Die Thatsache selbst ist übrigens, wie ich später gefunden habe, schon seit längerer Zeit bekannt. Dufay gründete darauf ein Mittel, leitende Flächen von nichtleitenden zu unterscheiden, wie man in seinen Abhandlungen in den *Mém. de l'Acad. de Paris* nachlesen kann. Als ein einfacher hiermit in Bezug stehender Collegienversuch mag folgender erwähnt werden. Man reibe eine Siegellackstange stark und wickle sie dann fest in Stanniol ein. Sie wird, isolirt am Stanniol angefaßt, nicht die geringsten elektrischen Wirkungen äußern, dieselben aber sogleich wieder in der ursprünglichen Stärke hervortreten lassen, wenn man sie aus dem Stanniol herausnimmt.

an: Die vertheilende Elektricität wirkt, auf den elektroskopischen Körper *mit gröfserer Stärke*, die durch Vertheilung erweckte (kurz: *vertheilte*) entgegengesetzte Elektricität der Platte *aus gröfserer Nähe*. Ungeachtet nun, wie Knochenhauer richtig bemerkt, mit keinem Gesetze der elektrischen Anziehung verträglich wäre, dafs diese Einflüsse sich für alle Entfernungen des elektroskopischen Körpers genau compensirten, so wäre es doch möglich, dafs diese Compensation angenähert genug für alle Entfernungen wäre, um die Wahrnehmung einer Wirkung nur noch durch die empfindlichsten Prüfungsmittel zu gestatten.

Bekanntlich hat Poisson durch eine Herleitung aus den bestrittenen Principien selbst nachgewiesen, dafs Körper, die sich im Innern einer leitenden (isolirten) Hohlkugel eingeschlossen finden, von Körpern außerhalb der Hohlkugel gar nicht mehr afficirt werden können, wo sich auch die Körper innerhalb und außerhalb der Hohlkugel respective befinden mögen. Denken wir uns die Hohlkugel sehr grofs, so wird das Stück derselben, was sich zwischen beiden Körpern befindet, merklich eben werden, die vertheilende ungleichartige Elektricität wird sich auf diesem Stücke der Hohlkugel sammeln, die gleichartige in der übrigen Oberfläche der grofsen Hohlkugel zerstreuen. Es leuchtet ein, dafs eine breite Platte, die wir zwischen beide Körper einschieben und mit dem Erdboden (der hier zum Ersatz des übrigen Theils der Hohlkugel dient) in Verbindung setzen, eine, zwar mechanisch keineswegs gleiche, aber doch sehr ähnliche Anordnung darbietet, von der sich auch wenigstens eine sehr angenäherte Compensation erwarten lassen wird. Da aber die Compensation in der That nicht genau seyn kann, indem sie eben nur für eine wirkliche Kugel genau ist, so galt es, die Abweichung nachzuweisen. Nun finde ich schon unter Faraday's Versuchen (elfte Reihe, Annalen, Bd. XXXVI)

einige, die mit Knochenhauer's Angaben in Widerspruch stehen; da aber Knochenhauer selbst hiedurch von der Veröffentlichung der seinigen nicht abgehalten worden ist, so dürfte folgende Bestätigung und Erweiterung jener Versuche, bei der sich mir Gelegenheit auch zu mancher neuen Beobachtung darbot, nicht überflüssig seyn. Zu den meisten dieser Versuche hat mir das ausnehmend empfindliche Elektroskop mit trockner Säule gedient, dessen ich mich zu Anstellung der galvanischen Fundamentalversuche ohne Condensator bediene. Täuschungen, welche durch die Beschaffenheit dieses Instruments hervorgehen könnten, sind überhaupt, wenn man nur einigermaßen mit Umsicht verfährt, so leicht zu vermeiden, daß ich keinen daher entnommenen Einwand als gültig anerkennen kann; überdies wurden, wo die Empfindlichkeit eines guten Goldblatt-Elektrometers zureichte, die Resultate auch an diesem bestätigt. Wo die Uebertragung der Elektrizität mittelst einer Prüfungsplatte geschah, wurden Gegenversuche nie vernachlässigt, ob nicht die Prüfungsplatte für sich, etwa durch eine Ladung, welche der Gummilackstiel bei vorhergehenden Versuchen oder durch Reibung mit dem Finger angenommen haben konnte, schon einen Ausschlag gäbe.

Knochenhauer konnte keine Anziehungswirkungen am äußern Beleg einer Leiduer Flasche wahrnehmen. Diefes ist ein sicherer Beweis, daß seine elektroskopische Vorrichtung sehr wenig empfindlich war, oder wenigstens dieser Versuch nicht hinreichend abgeändert wurde; denn man kann sogar ziemlich lebhaftes Anziehungswirkungen daran beobachten, wenn man nur mit Vorsichten, wie folgende sind, verfährt.

Die Flasche (ein Glascylinder, inwendig gleich hoch als auswendig belegt, mit gefirniftem unbelegten Rande, von verschiedenem Caliber angewandt) wird geladen, isolirt, der Draht mit der Kugel herausgezogen, damit von ihm keine Wirkung ausgehe, dann der äußere Be-

leg mit dem Erdboden in Verbindung gesetzt, so daß er sicher keine freie Elektrizität behält. Nähert man nun dem äußeren Belege eine, an einem Isolirgriff gehaltene Probeplatte, berührt sie in dieser Nähe, hebt die Berührung wieder auf und bringt sie isolirt an das Elektroskop, so zeigt sie immer negative Elektrizität, zum Beweise, daß eine überwiegende positive Wirkung stattfindet. Diese Wirkung ist sehr lebhaft, wenn die Platte dem äußeren Belege in der Nähe seines oberen Randes (wo es vom unbelegten Theile begrenzt wird) gegenübergehalten wird, und nimmt an Stärke ab, wenn man den Versuch mit tieferen Lagen der Platte anstellt. Nähert man diesem oberen Rande geradezu einen Streifen Blattgold oder ein, an einem Leinenfaden schwebendes Hollundermarkkugélchen, so zeigt sich die lebhafteste Anziehung. Sie ist so lebhaft, daß ich bei Anwendung einer kleinen Flasche von etwa 3 Zoll Durchmesser, 6 Zoll Höhe des Belegs und $1\frac{3}{4}$ Zoll Höhe des unbelegten Randes das hängende Hollundermarkkugélchen schon aus einer Entfernung von mehr als 5 Zoll seine Anziehung beginnen sah. Eben so erhält man den lebhaftesten positiven Ausschlag, wenn man die Flasche mit den Händen am äußeren Beleg faßt, und mit einem dem oberen Rande nahen Theile dieses Belegs den Knopf eines Elektrometers berührt.

Inzwischen sind es nicht diese Versuche, welche etwas gegen Knochenhauer beweisen. Alle diese relativ starken Wirkungen hängen nämlich bloß von freier positiver Elektrizität ab, die sich über den unbelegten Rand der Flasche, im Fall der Nichtisolirung des äußeren Belegs, verbreitet ¹⁾. Man beweist dies leicht dadurch, daß man die Prüfungsplatte durch eine darüber gehaltene, nicht isolirte Metallplatte in den elektrischen Schat-

1) Diese sehr beträchtliche Elektrizität des unbelegten Randes zeigt manche interessante Verhältnisse, von denen ich ein anderes Mal zu sprechen Gelegenheit nehmen werde.

ten in Bezug zum unbelegten Rande einsetzt. Alle jene lebhaften Wirkungen sind dann mit einem Male verschwunden, selbst wenn man die Prüfungsplatte dem oberen Rande des Belegs nähert. Zwar erhalte ich auch hier noch schwache, obwohl für das Säulenelektroskop ganz constante Wirkungen, mit Annäherung der isolirten Prüfungsplatte, die jetzt in der That Beweiskraft erhalten; aber da sich wirksamere Methoden angeben lassen, die gesuchte Elektricität wahrnehmbar zu machen, so will ich nicht dabei verweilen.

Folgendes nun sind Anordnungen, welche die verlangten Wirkungen ganz unzweideutig wahrzunehmen gestatten.

Ich nahm eine runde Metallscheibe von 9 Par. Zoll 4 Lin. Durchmesser und ungefähr 0,8 Lin. Dicke, isolirte sie dadurch, dafs ich sie horizontal mit der Mitte auf die obere Basis eines aufrecht gestellten Siegellackcylinders von 1,3 Zoll Durchmesser, und 4 Zoll Höhe, den ich *C* nennen will, legte, setzte drei kleine Siegelacksäulen von 1 Zoll Höhe auf die Scheibe, und legte auf diese Träger eine zweite, der ersten gleiche Metallscheibe, die sich also in 1 Zoll Abstand von der ersten befand. Die untere Scheibe ward jetzt, während die obere mit dem Erdboden communicirte, durch momentane Berührung mit dem Knopfe einer Leidner Flasche geladen, und nun der oberen Platte, die fortwährend mit dem Boden in Verbindung blieb ¹⁾, eine isolirte Prüfungsplatte von oben genähert, dann, nach augenblicklicher Berührung ihrer Rückseite mit dem Finger, zurückgezogen und dem Elektroskop dargeboten, um die durch Vertheilung er-

1) Bald durch einen, sie in der Nähe des Randes auf der oberen Fläche berührenden, nach aufwärts geführten, bald (ohne dafs dieß die Art der Resultate änderte) durch einen, sie in der Mitte berührenden, etwas schief gegen die Verticale (um der Prüfungsplatte Raum zu geben) aufwärts geführten, durch einen leitenden Umweg mit dem Boden communicirenden, Draht.

weckte Elektricität an dieses zu übertragen ¹⁾). Das Elektroskop befand sich selbst, mittelst eines nicht isolirten Schirms, im elektrischen Schatten in Bezug auf die untere Scheibe. Das Elektroskop erhielt dadurch stets negative Elektricität mitgetheilt, Beweis der überwiegenden positiven Wirkung der unteren Scheibe. Diese Elektricität war nicht dann am stärksten, wenn die Prüfungsplatte der oberen Scheibe recht nahe, oder mit ihr in Berührung, sondern wenn sie in einigen Zollen Höhe darüber erhoben war; und sie gab, wenn eine etwas große Prüfungsplatte (von $3\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser) angewandt wurde, nicht nur sehr lebhaft Ausschläge am Säulenelektrometer, sondern vermochte auch ein gutes Goldblattelektrometer bis zu mehreren Graden Divergenz zu bringen. Ueber die Entfernung des Maximums hinaus nahm die Wirkung langsam genug ab, um noch bis zu 4 Fuß Höhe über der oberen Scheibe eine Spur von Wirkung mittelst der Prüfungsplatte bemerken zu können. Dafs hierbei keine Täuschung obwaltete, wurde mehrfach dadurch verificirt, dafs das Elektroskop bei Berührung mit der Prüfungsplatte, wenn sie nicht zuvor in dem Wirkungskreise beider Metallscheiben gewesen, oder nicht in diesem Wirkungskreise berührt worden war, keine Spur von Ausschlag zeigte.

Später habe ich diese Versuche so wiederholt, dafs sich zwischen beiden Scheiben blofs Luft befand, indem ich die obere *cd* isolirt am Apparat Fig. 20 Taf. I, die untere auf dem daruntergestellten Isolirstabe Fig. 21 Taf. I horizontal befestigte, von welchen Vorrichtungen später die Rede seyn wird. Die Resultate waren, wie zu erwarten, dieselben.

Im Allgemeinen hielt ich bei allen diesen Versuchen die Prüfungsplatte mit ihrer Mitte gerade über die Mitte

1) Der Kürze halber will ich diese Methode, bei welcher die Prüfungsplatte die entgegengesetzte Elektricität von der annimmt, welche es nachzuweisen gilt, die *vertheilende Anwendung* derselben nennen.

der oberen Scheibe; die Wirkung wuchs aber noch beträchtlich, wenn ich sie viel mehr dem Rande näherte, so jedoch, daß sie immer im elektrischen Schatten blieb.

Diese Versuche sind um so beweisender für die fragliche Wirkung, als die Ladung der beiden Metallscheiben nicht sehr beträchtlich ausfallen konnte; denn bei jedem Versuch einer beträchtlichen Ladung der unteren Scheibe sprang die Elektricität zur oberen über.

Die vorigen Versuche gelangen auch, wie ich mich speciell überzeugte, wenn gleich vor Annäherung der Prüfungsplatte die Isolirung der oberen Scheibe hergestellt wurde. Doch ziehe ich es, um den Versuch rein zu haben, vor, auch während Darbietung der Prüfungsplatte die vertheilte Scheibe nicht isolirt zu lassen; denn wenn durch den Verlust an Luft und Träger sich die vertheilende Elektricität der unteren Scheibe mindert, wird dann auch etwas Elektricität auf der oberen Scheibe frei, welche den Versuch trüben könnte, wenn man nicht ihren Abfluß in die Erde gestattete. Ueberdies ändern sich, nach Wegziehen des berührenden Leiters, alle Verhältnisse der Vertheilung; es kann sogar neue, der vertheilenden Elektricität gleichartige Elektricität im vertheilten Leiter zum Vorschein kommen, wie weiter folgende Versuche beweisen werden. Die nachfolgenden Versuche sind daher im Allgemeinen bei fortgehends nicht isolirtem Zustand des vertheilten Körpers angestellt.

Daß das Maximum der Wirkung in einiger Entfernung von der oberen Scheibe eintritt, kann nichts Auffallendes haben. Für alle Punkte der oberen Scheibe muß die Wirkung der negativen Elektricität, die sie enthält, genau in Gleichgewicht seyn mit der Wirkung der positiven Elektricität der unteren Scheibe, sonst müßte mehr oder weniger Elektricität in der oberen Scheibe zersetzt werden und sich an ihr ansammeln, als es der Fall ist. Erhebt man aber die Prüfungsplatte über die obere Scheibe, so nimmt ihr Abstand von den Punkten

der oberen Scheibe in anderem Verhältnifs zu, als von denen der unteren Scheibe, daher fängt diese an zu überwiegen. Inzwischen kann die Wirkungszunahme mit Erhebung der Prüfungsplatte nur bis zu einem gewissen Maximum gehen, weil bei großer Entfernung die Wirkung jeder Scheibe für sich schon verschwindet.

Ich habe die Versuche mit denselben Scheiben vielfach abgeändert, z. B. ihren Abstand bis auf 5 Lin. verkleinert und bis auf 10 Zoll vergrößert, und immer das Ueberwiegen der vertheilenden Scheibe und den Umstand beobachtet, daß erst in einer gewissen Entfernung von der vertheilten das Maximum der Wirkung eintrat. Aehnliche Resultate, abgesehen von Unterschieden der Stärke, lieferten auch runde Scheiben von 3 Zoll Durchmesser in verschiedenen Entfernungen.

Letzterwähnte Versuche mit den größeren Scheiben in den *größeren* Entfernungen wurden so angestellt, daß beide *vertical*, bloß durch Luft getrennt, einander gegenüberstanden, die vertheilende isolirt, die vertheilte nicht isolirt. Unter Anderen wurde hiebei auch statt Anwendung der Prüfungsplatten das ganze Säulenelektroskop in den elektrischen Schatten der vertheilten Platte gestellt, und zeigte hiebei, in angemessene Entfernung gebracht, direct einen positiven Ausschlag, der bei gut getroffenen Abstands-Verhältnissen lebhaft genug war. Bewege ich, während sich vertheilende Scheibe und Elektroskop hiebei in fester Lage befanden, die vertheilte nicht isolirte Scheibe zwischen beiden hin und her, so trat immer ein Maximum ein, wenn sich die vertheilte Scheibe ungefähr (denn genaue Messungen habe ich nicht angestellt) in der Mitte zwischen Elektroskop und vertheilender Scheibe befand. Alle diese Wirkungen sind so constant und augenfällig, daß über ihre Stathaftigkeit gar kein Zweifel obwalten kann. Wer ein Säulenelektroskop von meiner Einrichtung besitzt, wird übrigens auch bei folgenden Methoden (zum Theil selbst

mittelst eines Goldblattelektroskops) leicht und constant den verlangten Erfolg wahrnehmen.

Man halte über den Knopf einer geladenen, nicht isolirten Leidner Flasche eine Metallscheibe, und nähere dieser von oben die Prüfungsplatte mit Vertheilung, so daß sie sich ganz im elektrischen Schatten der Scheibe in Betreff nicht nur des Knopfs, sondern auch des ganzen Umfangs der Flasche findet. Die Prüfungsplatte wird stets negativ geladen zurückgezogen werden, am stärksten, wenn sie in einer gewissen Höhe über der vertheilten Zwischenscheibe gehalten wurde, während man sie berührte.

Je kleiner diese Zwischenscheibe ist, desto stärker fällt die Wirkung aus; auch nimmt sie wiederum zu, wenn man die Prüfungsplatte vielmehr dem Rande, als der Mitte der Zwischenscheibe nähert. Auch bei dieser Versuchsweise habe ich die Elektricität an einem Goldblattelektrometer nachzuweisen vermocht, wenn die Zwischenscheibe nicht zu groß war.

Zwar nur schwache, aber ganz constante Wirkungen erhalte ich ferner auf folgende Weise. Der Siegellackcylinder *C* wird auf einer seiner Basen stark mit Katzenfell gerieben und mit dieser Basis auf die Mitte einer runden Metallscheibe von 4 Zoll Durchmesser gesetzt. So werden beide in Verbindung über den Gipfel eines Säulenelektroskops gebracht (dessen Glocke nur 3 Zoll Durchmesser hat). Die Scheibe bleibt, indem sie mit der Hand gehalten wird, stets nicht isolirt, und das Elektroskop wird ebenfalls so lange nicht isolirt erhalten, bis eine der folgenden Bewegungen begonnen wird. So lange die geriebene Basis mit der Metallscheibe in Berührung bleibt, zeigt sich keine Spur von Wirkung, ich mag die Combination von beiden heben oder senken, was auch nicht anders erwartet werden kann. Halte ich aber die Scheibe mit dem Siegellack ganz nahe über den Gipfel des Elektrometers, und erhebe dann den Siegellack-

cylinder, während die Scheibe ihre Lage behält, so giebt das Goldblatt einen negativen (obwohl nicht bis zum Anschlag an die Polplatte gehenden) Ausschlag, der zunimmt, bis die geriebene Basis einige Zolle über der Scheibe erhoben ist, bei weiterer Erhebung aber wieder abnimmt; bei Rückgang des Siegellacks erfolgt in entsprechender Weise erst zunehmender, dann wieder abnehmender negativer Ausschlag. Halte ich umgekehrt die geriebene Fläche in constanter Höhe von $\frac{3}{4}$ bis 1 Fuß über den Gipfel des Elektroskops, und erhebe die Metallscheibe von der Berührung des Elektrometergipfels an bis zur Berührung der Siegellackbasis, so erfolgt auch hier ein negativer Ausschlag, welcher zunimmt, bis die Scheibe ungefähr bis zur Mitte des Zwischenraums zwischen Elektrometergipfel und geriebener Basis gelangt ist, dann wieder abnimmt. Auch wenn man einen geschlagenen Elektrophor nicht isolirt mit der Rückseite über den Elektrometergipfel hält und erhebt, erhält man einen, bis zu gewisser Gränze mit der Höhe zunehmenden, dann wieder abnehmenden negativen Ausschlag.

Alle diese Erfahrungen vereinigen sich also dahin zu zeigen, daß die vertheilende Elektricität gleich stark mit der vertheilten wirkt auf Punkte, die sich an der vertheilten Fläche selbst befinden, stärker aber als die vertheilte auf Punkte, die in größerer Entfernung liegen.

Nach dem vorstehenden Versuche dürfte man hinreichend berechtigt seyn, die anziehenden und abstossenden Wirkungen der bindenden und sogenannten gebundenen Elektricität aus demselben Gesichtspunkte zu betrachten als die freie Elektricität. Die gebundene Elektricität wird dadurch, daß sie gebunden ist, durchaus mit keinen neuen Eigenschaften begabt. Wenn ihre Anziehung und Abstossung nicht mehr spürbar wird, so erklärt sich dies dadurch, daß sie von der entgegengesetzten Wirkung der bindenden Elektricität stets im Gleichgewicht gehalten oder überwogen wird, und wenn sie nicht

durch Berührung entzogen werden kann, so liegt dieß nicht darin, daß sie in einem besonderen gefesselten Zustande wäre oder die Repulsivkraft ihrer Theilchen verschwunden wäre; diese wird nur aufgewogen durch die anziehende Kraft der bindenden, zwar entfernter, aber entsprechend stärker wirkenden Elektricität ¹⁾, und der berührende Leiter, anstatt etwas entziehen zu können, unterliegt selbst der vertheilenden Wirkung, die von der bindenden Elektricität ausgeht; er tritt in das System der Vertheilung selbst mit ein.

Will man noch künftig einen bestimmten erfahrungsmäßigen Begriff mit dem Namen gebundene Elektricität verbinden, so, dünkt mir, kann es nur der seyn: es ist diejenige Elektricität, welche *unter den Umständen des Versuchs* durch eine, die Communication mit der Erde herstellende, Berührung weder entzogen werden, noch (im Fall eines Nichtleiters) auf eine berührende Prüfungsplatte vertheilend wirken kann. Aber je nachdem man die Stelle und Art der Communication mit dem Erdboden wechselt, werden sich auch die Verhältnisse der gebundenen Elektricität ändern. Man wird dieß gern zugeben, wenn man den Erfolg nachstehender Versuche betrachtet, welche zeigen: 1) daß, wenn man die leitende Communication eines vertheilten Körpers mit dem Boden aufhebt, die Elektricität sich ganz anders in ihm anordnen kann, als während dieser Communication, welche also keineswegs bloß als passive Ableitung für die der vertheilenden Elektricität gleichartige in Rücksicht zu ziehen ist; 2) daß auch, je nachdem man die Stelle der Berührung, den berührenden Leiter oder dessen Lage wechselt, der elektrische Zustand des Leiters, sey es

1) Es läßt sich nämlich mathematisch zeigen, daß die Abstossung einer mit gleichartiger Elektricität geladenen endlichen Fläche auf einen in ihr liegenden elektrischen Punkt immer nur endlich ist, und in der That von der Anziehung einer entfernteren stärker und ungleichartig geladenen Fläche überwogen werden kann.

während, sey es nach der Berührung, ein sehr verschiedener seyn kann.

Um Wiederholungen und Umschreibungen zu vermeiden, bemerke ich in Betreff der folgenden Versuche ein für alle Mal, daß, wo nicht etwa ausdrücklich etwas anderes bemerkt ist, der vertheilende Körper stets *positiv* geladen war, daß ich ferner *Vorderflächen* beim vertheilenden und vertheilten Körper diejenigen Flächen derselben nenne, die sie einander zuwenden, *Hinterflächen* oder *Rückflächen* die, welche sie von einander abwenden. Den mittelsten (und zugleich dem vertheilenden Körper nächsten) Punkt der Vorderfläche des vertheilten Körpers bezeichne ich mit *a*, den mittelsten Punkt seiner Hinterfläche mit *b*. Wo der Abstand zwischen vertheilendem und vertheiltem Körper angegeben ist, bezieht sich die Angabe stets auf die einander nächsten Punkte ihrer Oberflächen.

Die kleine Leidner Flasche *L*, von den oben angegebenen Dimensionen, Fig. 17 Taf. I, wurde mit einer Kupferkugel *A* von 3 Zoll Durchmesser versehen, inwendig positiv geladen, isolirt aufgestellt, um ihre Elektricität länger zu bewahren, und der Kugel gegenüber ein messingener Leiter *acb*, isolirt auf dem überfirnishten Glasfusse *e*, aufgestellt. Dieser Leiter ist cylindrisch, von 5,2 Par. Lin. Durchmesser, mit kugelförmigen Knöpfen von 8,3 Lin. Durchmesser an den Enden und 16 Zoll Länge (mit Einschluss der Kugeln). *d* ist eine Metallkappe, *f* ein Paar unächte Goldblättchen, unächt, um nicht gar zu leicht durch Bewegungen der Luft afficirt zu werden; welche jedoch bloß bei den besonders in dieser Hinsicht erwähnten Versuchen angebracht wurden, weil sie natürlich beitragen, die Gestalt des Leiters zu modificiren ¹⁾. Wo nichts besonderes bemerkt ist, stan-

1) Da der Leiter selbst eine etwas complicirte Gestalt hat, so habe ich neuerdings alle oben zu erwähnenden Versuche ohne Goldblättchen auch (mit denselben Resultaten) an einem eisernen reinen Cylinder

den die Oberflächen des Knopfs *a* und der Kugel *A* zwei Par. Zoll von einander ab. An dieser Vorrichtung wurde Folgendes beobachtet:

a) Während der Zeigefinger (bei übrigens eingeschlagener Hand) den Leiter bei *a* berührte (senkrecht gegen die Länge des Leiters) nahm eine herührende kleine Prüfungsplatte allenthalben negative Elektricität vom Leiter auf, selbst wenn sie bei *b* angelegt wurde; doch mit zunehmender Stärke nach *a* hin. Auch, wenn die Prüfungsplatte auf den berührenden Finger oder die Hand gesetzt wurde, nahm sie negative Elektricität an. Wenn bei *b* Goldblättchen vorhanden waren, divergirten sie schwach, aber unzweideutig. Dafs in diesem Betreff keine Täuschung durch ursprüngliche Biegung der Blättchen oder Bewegungen durch die Luft stattfand, erwies sich deutlich genug dadurch, dafs beim Rückziehen der Flasche diese Divergenz jedesmal verschwand und bei Näherung wieder erschien.

b) Wenn der Finger von *a* zurückgezogen ward, und mithin der Leiter jetzt wieder isolirt war, so gab die gröfsere Hälfte desselben nach *b* zu positive, die kleinere nach *a* zu negative Elektricität an die Prüfungsplatte ab. Waren Goldblättchen bei *b* angebracht, so divergirten sie nicht unbeträchtlich. Wurde der Leiter jetzt zurückgezogen (oder die Flasche), so zeigte sich der ganze Leiter negativ. Während des Rückziehens gingen die Goldblättchen, wenn solche vorhanden waren, erst zusammen, und bei noch weiterem Rückziehen wieder mit negativer Elektricität aus einander. Diese Versuche unter *b*) habe ich (ohne Goldblättchen) auch bei Variationen des Abstands zwischen *a* und *A* von 1 zu 10 Zoll (wo die vertheilende Wirkung nicht mehr recht merklich ward) mit gleichbleibendem Erfolge wie-

von 10 Zoll Länge und 4,4 Lin. Durchmesser, welcher durch Anschmelzen auf einer Siegellackstange isolirt war.

derholt, nur rückte der Indifferenzpunkt auf dem Leiter der Mitte um so näher, je größer der Abstand war.

c) Berührt man den Leiter bei *b*, so daß der Finger, sey es senkrecht, auf dem Leiter ist, oder in dessen Verlängerung fällt, so giebt der ganze Leiter von *a* bis *b*, und selbst die berührende Hand, wiederum negative Elektricität an die Prüfungsplatte ab, doch wachsend nach *a* zu. Waren Goldblättchen bei *b* angebracht, so war keine oder nur eine zweideutige Divergenz wahrzunehmen. In der That ist die Elektricität bei *b* sehr schwach, und nur durch Anwendung der Prüfungsplatte auf ein Säulenelektrometer gelingt es sie nachzuweisen.

d) Zieht man den Finger von *b* zurück, so zeigt sich auch jetzt noch der ganze Leiter von *b* bis *a* negativ elektrisch, zunehmend nach *a* zu. Die etwaige Divergenz der Goldblättchen bei *b*, wenn solche vorhanden sind, ist aber eben so zweideutig, oder unmerklich als bei *b*. Während also nach Berührung von *a* der hintere Theil des Conductors positiv ist (vergl. den Versuch *b*), ist er nach Berührung von *b* negativ. Die positive Elektricität ersteren Falls ist aber beträchtlich stärker als letzteren Falls, was nicht nur durch die Divergenz der Goldblätter bewiesen wird, sondern auch dadurch, daß während ersteren Falls die Prüfungsplatte von *b*, an ein Goldblattelektrometer übertragen, eine Divergenz von 3° hervorzubringen vermochte, sie letzteren Falls nichts Merkliches davon gab, obschon sie am Säulenelektrometer ihre Wirkung noch ganz unzweideutig zeigte.

Wenn die Kugel *A* nicht dem einen Ende, sondern der Mitte *c* des Leiters gegenüberstand (wiederum in 2 Zoll Abstand), so zeigte sich vor aller Communication mit dem Erdboden die Mitte des Leiters auf der Vorderfläche, Hinterfläche und oben negativ; die Enden dagegen eben so ringsum positiv. An der Vorderfläche er-

streckte sich die Negativität beträchtlich weiter gegen die Enden als an der Hinterfläche.

Wurde nun aber der Leiter bei *c oben* mit dem Finger berührt, so zeigte er sich an allen Stellen, mittelst der Prüfungsplatte, negativ, von beiden Seiten zunehmend nach *c* zu, eben so nach Wegziehen des Fingers. Wurde bei *a* berührt, so zeigte während dessen wiederum der ganze Conductur negative Elektricität, am stärksten bei *c*, abnehmend nach *a* und *b*, doch etwas stärker bei *b* als bei *a*. Nach Wegziehen des Fingers zeigte sich wiederum überall negative Elektricität, zunehmend nach *c* zu.

Den unter *b*) angeführten Versuch kann man auch mit einem Goldblattelektroskop wiederholen. Wenn ich einen geriebenen Siegellackcylinder über den Gipfel eines solchen halte, während dieser Gipfel zugleich berührt wird, so zeigt sich trotz dieser Berührung stets eine schwache Divergenz an einem meiner Instrumente, während an einem andern die Wirkung hiebei unmerklich ist. Hebe ich die Berührung auf, so gehen die Goldblätter ersteren Falls zusammen, dann wieder auseinander, letzteren Falls wird blofs die jetzt eintretende zweite Divergenz bemerkt. Ziehe ich die Siegellackstange zurück, so gehen die Goldblätter abermals zusammen, und bei weiterer Entfernung wieder auseinander. Diese letzte Divergenz, wo nun das Elektrometer sich ganz ausser dem Wirkungskreise des Siegellacks befindet, ist, wie leicht zu erwarten, positiv. So kann man an demselben Elektrometer einen zweimaligen Wechsel zwischen entgegengesetzter Ladung der Goldblättchen durch diese Manipulation erzeugen. — Resultate, die noch auffallender als die vorigen, den Einfluß der Berührungsweise auf die Anordnung der Vertheilungselektricitäten beweisen, habe ich unter Anwendung von Kugeln, statt des cylindrischen Leiters, erhalten.

Der dreizölligen Kugel *A* der, in diesem Falle nicht
iso-

lirten, Leidner Flasche *L*, Fig. 18 Taf. I, wurde eine Messingkugel, ebenfalls von 3 Zoll Durchmesser, gegenüber aufgestellt, welche auf einem wohlgefirniften und gewärnten Glascylinder *G* isolirt war. Die Messingkugel ward, während sie der vertheilenden Wirkung von *A* unterlag, mit den verschiedenen, nachgebends anzugebenden, Leitern an verschiedenen Stellen berührt, und, *nach Wegziehen des berührenden* (die Communication mit der Erde bewirkenden) *Leiters*, mittelst des Prüfungsplättchens, jedesmal, wo nicht ausdrücklich etwas anderes bemerkt ist, die Elektrizität *von der Stelle b* genommen.

Sämmtliche Versuche mit diesen zwei Kugeln wurden bei 2 Zoll Abstand derselben angestellt, und dann noch einmal bei drei Zoll Abstand derselben wiederholt.

War *a* mit dem Finger (horizontal, senkrecht auf die Axe *ab*) oder mit dem einen Knopfe des in der Mitte nicht isolirt gefassten cylindrischen Leiters, der in Fig. 17 Taf. I und S. 333 beschrieben ist, berührt worden, so gab *b* constant positive Elektrizität ab. War dagegen die Berührung bei *a* mittelst eines Drahts von 0,85 Lin. Durchmesser und 10 Zoll Länge bewerkstelligt worden, so gab *b* eben so constant negative Elektrizität ab, welche Verschiedenheit je nach den Dimensionen des berührenden Leiters ich durch sehr oft wiederholte Versuche verificirt habe. War die Berührung bei *a* mit dem Finger vorgenommen worden, so reichte die positive Elektrizität von *b* nicht bis *c*; vielmehr ward der Gipfel der Kugel negativ gefunden. Wenn ich dagegen *a* mit der Mitte einer kupfernen Scheibe von 9 Zoll 4 Linien Durchmesser und 0,8 Lin. Dicke berührt hatte ¹⁾, so war nicht nur die positive Elektrizität viel stärker bei *b*, als

1) Die Scheibe wurde hierbei mit den Fingern am Rande gehalten, und beim Wegziehen ein Stück senkrecht auf den Durchmesser *ab* gegen die Kugel *A* hin fortbewegt, ehe sie zwischen beiden Kugeln herausgezogen wurde.

nach Berührung mit dem Finger, sondern es ward jetzt auch der Gipfel *c* positiv gefunden.

Wenn die Berührung bei *b*, statt bei *a*, vorgenommen worden war, so war die nachher von *b* zu erhaltende Elektricität stets deutlich negativ, wenn der berührende Leiter entweder der Finger oder der Cylinder der Fig. 17 Taf. I oder der dünne Draht war, mochten diese Leiter in Verlängerung der Axe *ab* oder senkrecht darauf gehalten worden seyn. Wenn dagegen die Berührung bei *b* mit der Mitte der kupfernen Scheibe vorgenommen worden war, so war von *b* nachher keine merkliche Elektricität zu erhalten. Dieß hängt damit zusammen, daß auch während der Berührung die Prüfungsscheibe von der Rückseite der Scheibe um die Mitte keine merkliche Elektricität wegnimmt (wohl aber von dem Rande), wogegen dieselbe während der Berührung mit erstgenannten Leitern nicht nur ringsum den Berührungspunkt negative Elektricität von der Kugel wegnimmt, sondern auch noch stärker von den berührenden Leitern selbst.

Wenn ich den Gipfel *c* der Kugel mit den, horizontal und senkrecht auf die Richtung *ab* gehaltenen Finger berührt hatte, so war die Elektricität, die ich nachher von *b* wegnahm, nicht recht entschieden, schien jedoch schwach negativ, ich konnte sie aber beliebig entschieden positiv oder negativ machen, je nachdem ich die Hand bei der Berührung mehr gegen die vertheilende Kugel der Flasche oder von ihr abwandte. Als anstatt der 3zölligen Kugel eine 1½zöllige durch die Kugel *A*, bei 2 bis 3 Zoll Abstand, vertheilt wurde, erhielt ich ebenfalls, wenn bei *a* mit dem Finger berührt worden war, positive Elektricität von *b*, wenn bei *b* berührt worden war, negative. War bei *a* mit dem dünnen Draht berührt worden, so gab dagegen wiederum *b* negative Elektricität, war bei *b* berührt worden, noch lebhafter negative Elektricität; alles übereinstimmend mit

den Versuchen an der 3zölligen Kugel. Die übrigen, an dieser angestellten, Versuche habe ich an der 1½zölligen nicht wiederholt.

Dagegen habe ich die Versuche mit der 3zölligen vertheilten Kugel, bei 2 Zoll Abstand von der vertheilenden gleich grofsen, mit gleichem Erfolge auch so wiederholt, dafs die vertheilende dabei von der Leidner Flasche abgesondert und auf einem Siegellackcylinder isolirt war.

So auffallend diese Ergebnisse für den ersten Anblick erscheinen mögen, so lassen sie sich doch bis zu gewissem Grade theoretisch voraussehen.

Wenn ein, mit dem Erdboden communicirender Leiter durch einen, beispielsweise positiven, Körper vertheilt ist, so mufs sich so viel negative Elektricität in ihm ansammeln, und diese sich so anordnen, dafs, welchen Punkt des Leiters wir auch betrachten mögen, die Resultante der anziehenden und abstofsenden Wirkungen, welche von dieser Elektricität auf die noch vorhandenen natürlichen Elektricitäten des betreffenden Punkts geäufsert werden, genau aufgewogen wird durch eine an Gröfse gleiche und in der Richtung entgegengesetzte Resultante der Elektricität des vertheilenden Körpers, weil, so lange diefs nicht Statt hat, noch neue Vertheilung für diesen Punkt eintreten mufs. Nun macht aber während der Berührung des vertheilten Körpers mit einem Leiter dieser ein Stück des vertheilten Körpers selbst aus, oder bildet eine Fortsetzung desselben, welche in dem hier betrachteten Fall der Nichtisolirung eben so gut blofs vertheilte negative Elektricität enthält, als der vertheilte Körper selbst, welche Elektricität mit zu der Resultante beiträgt, die der Wirkung der vertheilenden Elektricität das Gleichgewicht hält. Entfernen wir den berührenden Leiter mit seiner vertheilten Elektricität, so wird das vorige Gleichgewicht nicht mehr bestehen können, die im vertheilten Leiter rückbleibende negative Elektricität wird

sich anders anordnen müssen, weil auch die Wirkung auf die Punkte der Oberfläche jetzt eine andere wird; betrachten wir aber, ohne Rücksicht auf diese neue Anordnung, blofs die Wirkung, welche das Entführen einer gewissen Quantität vertheilter negativer Elektricität auf den neuen Gleichgewichtszustand bei b haben mufs, so leuchtet ein, dafs, wenn der berührende Leiter bei a , wo sich die stärkste negative Elektricität ansammelt, angebracht war, eine beträchtliche Quantität vertheilter negativer Elektricität mit ihm entzogen, und dadurch ein beträchtliches Uebergewicht der vertheilenden Wirkung, welche positive Elektricität gegen b treibt, eintreten mufs, wofern der berührende Leiter nicht gar zu wenig Oberfläche darbot, wie im Fall der Berührung mit dem dünnen Draht. Diese positive Elektricität, die jetzt neu entsteht, kann mehr als hinreichen, die negative Elektricität, die sich vor dem Abziehen des berührenden Leiters bei b befand, zu neutralisiren. War dagegen der berührende Leiter bei b angebracht, so enthielt er überhaupt nicht so viel vertheilte Elektricität, als wenn er in gröfserer Nähe des vertheilten Körpers angebracht ist; durch seine Entfernung kann daher der vorher bestandene Gleichgewichtszustand *ceteris paribus* überhaupt weniger geändert werden, und, was noch hinzuzufügen ist, durch seine Entfernung wird die Wirkung, welche positive Elektricität gegen b zieht, vielmehr vermindert, als vermehrt; da er ja, wie einleuchtet, vermöge seiner Lage auf der Rückseite bei b durch die negative Elektricität, die er enthielt, eine Bewegung der Elektricitäten in demselben Sinne hervorzurufen streben mufste, als der vertheilende Körper. In der That, je nachdem der berührende Leiter bei a oder b angebracht ist, wirkt seine negative Elektricität in entgegengesetztem oder gleichem Sinne als die Elektricität des vertheilenden Körpers.

Diese allgemeine Betrachtung ist freilich noch keineswegs eine strenge, da wir dabei den Erfolg, den die

mit dem Abziehen des berührenden Leiters erfolgende neue Anordnung der Elektricität im vertheilten Leiter haben muß, nicht in Rechnung zu bringen wissen; inzwischen dürfte sie, was vor jetzt nur beabsichtigt wird, hinreichen, den Erfolg der behandelten Phänomene im Groben übersehen und erklärlich finden zu lassen. Nach einer sonst beliebten Betrachtungsweise würde man die Erklärung so stellen: Wenn der Leiter den vertheilten Körper bei a berührt, wird die vertheilende, bindende Kraft des vertheilenden Körpers zu großem Theil mit durch diesen Leiter beschäftigt, kann sich daher nicht so wirksam auf den vertheilten Körper selbst äußern, als wenn nun der Leiter entfernt wird, worauf die jetzt neu erfolgende Zersetzung natürlicher Elektricitäten positive Elektricität gegen a treibt. Ich überlasse es Jedem, sich der Betrachtungsweise anzuschließen, die ihm am meisten zusagt.

Welche Anordnung der Elektricität unter vertheilenden Einflüssen auf Leiter eintreten müsse, ist ein Gegenstand, der von Poisson unter rein mathematische Bestimmungen gebracht ist, die auf nichts fußen, als auf den bekannten Anziehungs- und Abstofsungsgesetzen der Elektricität, und der Voraussetzung, daß es eine expansible aber incompressible Flüssigkeit sey. Faraday hält diese Voraussetzungen nicht für genügend; er glaubt, daß die vertheilende Kraft in krummen Linien um die Körper herum wirke. Ich gestehe, daß ich nichts in seinen Versuchen finde, was diese Voraussetzung rechtfertigt. Wenn z. B. in seinem Versuche, No. 1218 und 1219 die Kugel auch bei b positiv elektrisch ist, auf der vom vertheilenden Körper abgewandten Seite, so ist ja doch in Rücksicht zu ziehen, daß die Theilchen der vertheilten positiven Elektricität, während sie vom vertheilenden Körper angezogen werden, sich zugleich unter einander abstossen, und diese Abstossung treibt einen Theil der vertheilten positiven Elektricität

rückwärts auf die abgewandte Seite, und erhält ihn auf derselben. Wenn nach No. 1220 die Tragekugel bei *e* über der vertheilten Kugel durch Vertheilung auch positiv elektrisch wird, in gröfserer Höhe sogar stärker, als in kleinerer, so liegt diefs darin, dafs, wenn die Resultante der vertheilten Elektricität für die Rückseite der vertheilten Kugel selbst eben so grofs ist, als die der vertheilenden, sie für Punkte, die über der Kugel liegen, kleiner wird, als die der letzteren, weil die Entfernung in rascherem Verhältnisse wächst von den Punkten der vertheilten, als der vertheilenden Elektricität.

Die Angabe in No. 1221, nach welcher eine etwas breite nicht isolirte Scheibe über einem elektrischen Körper auf der Mitte der Rückseite sich nicht elektrisch zeigen soll, ist entschieden nicht richtig; obwohl ich die Richtigkeit des Versuchs, aus dem sie geflossen ist, nicht bezweifle. Die Elektricität ist blofs sehr schwach daselbst, um so schwächer, je gröfser man die Scheibe nimmt, so dafs sie allerdings für ein nicht sehr empfindliches Elektrometer bei Anwendung gröfserer Scheiben verschwinden mufs.

Bei Anwendung einer runden Messingscheibe von 4 Zoll Durchmesser, die ich, indem ich sie am Rande mit den Fingern fafste, horizontal über die Kugel *A* (von 3 Zoll Durchmesser) der geladenen Flasche *L* hielt, bekam ich, unter Anwendung eines Prüfungsscheibchens von 8 Lin. Durchmesser aus Goldpapier, schwache, aber sehr entschiedene negative Elektricität von der Mitte der Rückseite der Scheibe. Als statt der Messingscheibe die Kupferscheibe von 9 Zoll 4 Lin. Durchmesser angewandt ward, nahm zwar das kleine Prüfungsscheibchen von der Mitte der Rückseite nichts Unzweideutiges mehr auf, wohl aber eine runde Prüfungsplatte von 3 Zoll Durchmesser, obwohl auch diese Spuren nur schwach waren.

Faraday vermifste schon bei Scheiben von $1\frac{1}{2}$ bis 2 Zoll Durchmesser die Wirkung. Diefs wäre unmög-

lich gewesen, wenn er sich eines empfindlichen Säulen-
elektroskops bedient hätte.

Obschon ich nach allem diesen die Poisson'schen Untersuchungen immer noch maßgebend für diesen ganzen Gegenstand halte, muß man doch gestehen, daß die Schwierigkeit ihrer Anwendung für die meisten in der Erfahrung vorkommenden Fälle uns sehr oft noch nöthigen wird, anstatt in der Erfahrung bloße Bestätigungen jener Untersuchungen zu suchen, vielmehr Belehrung von ihr selbst zu erwarten. Ich selbst werde im Folgenden eine Anzahl Erfahrungen mittheilen, welche nach bloß allgemeinen Betrachtungen leicht zu gleichen Schlüssen von einer um die Körper herum wirkenden Vertheilungskraft führen könnten, als die von Faraday angeführten; aber wer möchte sich wirklich getrauen, solchen Betrachtungen hier Gewicht beizulegen, wo es sich um Zusammensetzung und Zerlegung der Wirkungen von unendlich vielen Punkten handelt. In der That fürchte ich, ist mit allgemeinen Betrachtungen gar nichts mit Sicherheit auf einem Felde zu erzielen, auf welchem die Ermittlung der Resultante selbst für den Calcul zu schwierig wird.

Wenn ein isolirter Leiter vertheilt wird, so sieht man es als allgemeine Regel an, daß die der vertheilenden Elektrizität ungleichartige ihr selbst möglichst nahe, die gleichartige möglichst fern geht. Inzwischen läßt diese Regel, selbst wenn man nur einen allgemeinen Anhalt darin suchen will, Vieles unbestimmt.

Eine Messingkugel *A*, Fig. 19 Taf. I, von 3 Zoll Durchmesser ward auf dem gewärmten gefirnißten Glase *G* isolirt, positiv geladen und ihr gegenüber eine Kupferscheibe von 9 Zoll 4 Lin. Durchmesser und 0,35 Lin. Dicke vertical, auf dem Siegellackcylinder *S* isolirt (durch Einschmelzen des Randes befestigt), so daß der Mittelpunkt der Kugel und der Scheibe einander gegenüber standen. Hier fragt sich nun, ob die Ränder *c*, *d* der

vertheilten Scheibe, oder die Mitte der Rückseite b als entfernteste Punkte anzusehen sind; erstere sind es, direct von der Kugel A aus gemessen, letztere, auf der Oberfläche der vertheilten Scheibe von a aus fortschreitend gemessen. Für erstere Annahme ist b negativ, für letztere positiv zu erwarten. Die Erfahrung entscheidet für das Letzte. Es ist nicht nur b , sondern auch die ganze Hinterfläche und selbst noch ein schmaler Ring am Rande der Vorderfläche positiv; bei allen Abständen der Kugel und Scheibe (d. i. ihren Vorderflächen), wo ich den Versuch angestellt habe, d. i. von 1 bis 8 Zoll.

Um die Indifferenzzone auf der Vorderfläche etwas genauer zu bestimmen, wandte ich theils die vorige, theils, bei einer späteren Wiederholung, eine andere Anordnung des Versuchs an, welche in Fig. 20 Taf. I vorgestellt ist.

M ist eine, mit einer Skale versehene, verticale Stange, an welcher sich der Läufer N , der durch eine Feder in seiner jedesmaligen Lage erhalten wird, auf und abschieben läßt. An diesem Läufer ist die $1\frac{1}{2}$ Fuß lange gefirniste Glasstange g befestigt, und an dieser die, 2 Zoll 8 Linien lange Siegelackstange s , welche durch Anschmelzen an die Metallscheibe cd (von den angegebenen Dimensionen) befestigt ist. Die Art, wie s an g und g an N befestigt ist (wobei einiges Metall concurrirt), halte ich nicht nöthig näher zu beschreiben oder in der Figur anzudeuten. Die Kugel A von 3 Zoll Durchmesser ruhte auch hier auf dem Glaszylinder G von $5\frac{1}{2}$ Zoll Länge und 2 Zoll 3 Lin. Durchmesser, welcher selbst auf dem Tische T stand. Bei einer nochmaligen Wiederholung dieser Versuche endlich substituirt^e ich, um sie so rein als möglich anzustellen, dem Glaszylinder einen Isolirstab, Fig. 21 Taf. I, auf dessen Gipfel die Kugel mit Wachs befestigt wurde. Derselbe ist 5,6 Lin. dick; ab , 1 Zoll lang, ist Gummilack, bc , 11 Zoll lang, ist Glas, mit

Gummilack gefirnist, und *cd*, 2,9 Zoll lang, Metall. Sämmtliche Wiederholungen lieferten gleiches Resultat.

Als Prüfungsscheibe diente eine runde übersilberte Scheibe von Kartenpapier von 8 Lin. Durchmesser, welche, um die Hand etwas fern von dem vertheilten System zu halten, an einem 6 Zoll langen Gummilackstiel auf die in Fig. 22 Taf. I angedeutete, Weise befestigt war.

Unter Anwendung dieser Vorrichtungen fand ich, daß bei Abständen der Kugel und Scheibe von 2 bis 4 Zoll die Indifferenzzone sicher zwischen 0 und 1 Zoll vom Rande lag. Die Mitte des Prüfungsscheibchens, auf 1 Zoll vom Rande gesetzt, gab schon negativen Ausschlag; mit seinem Rande an den Rand der Scheibe (jedoch noch ganz auf die Vorderfläche derselben) gesetzt, positiven. Bei 2 Zoll Abstand glaube ich, daß die Indifferenzzone nicht erheblich abweichend von $\frac{1}{2}$ Zoll vom Rande liegen könne, eine ganz genaue Bestimmung aber halte ich für unmöglich. Die positive Elektrizität auf der Rückseite war in der Mitte deutlich schwächer, als am Rande; bei 1 Zoll Abstand zwischen Kugel und Scheibe gab die Mitte des Prüfungsscheibchens, in 1 Zoll vom Rande aufgesetzt, nur Zweideutiges, doch wie es schien, immer noch Negativität, während bei 2 Zoll Abstand die Negativität hier sehr entschieden war. Mit der Näherung scheint also die Indifferenzzone mehr nach der Mitte zu rücken.

Bei Versuchen über Vertheilung im isolirten Leiter ist es wichtig, folgende Vorsichten nicht außer Acht zu lassen. Die der vertheilenden gleichartige Elektrizität im vertheilten Körper ist der Absorption durch Luft und den Verlust durch die Träger sehr ausgesetzt. Wollte man also die Versuche längere Zeit fortsetzen, so würde man diese Elektrizität geschwächt und die Indifferenzzone verrückt finden. Ganz kann man diesen Uebelstand nicht vermeiden; denn selbst, wenn man einen iso-

lirten Leiter, der sich nur sehr kurze Zeit im Wirkungskreise eines vertheilenden befunden hat, wieder aus demselben bringt, wird er nachher wieder an einem empfindlichen Elektrometer wenigstens Spuren einer, der vertheilenden entgegengesetzten Elektricität zeigen. Man muß daher, um diesen Uebelstand wenigstens möglichst zu schwächen, die Probe jedesmal unmittelbar vornehmen, nachdem man den zu vertheilenden Körper in den elektrischen Wirkungskreis gebracht oder den vertheilenden Körper geladen hat, und vor jedem neuen Versuche den vertheilten Körper zurückziehen, berühren, und wieder isolirt in den Wirkungskreis bringen, oder den vertheilenden und vertheilten Körper beide berühren, und jenen dann wieder neu laden, was am bequemsten mittelst des Knopfs einer Leidner Flasche geschehen kann.

Außerdem muß man sich natürlich überzeugen, daß bei dem gewählten Abstände zwischen vertheilendem und vertheiltem Körper kein Ueberspringen oder Einsaugen von Elektricität stattfindet; was leicht dadurch geschieht, daß man prüft, ob nicht der vertheilte Leiter, nach Zurückziehen oder Entladung des vertheilenden, die diesem gleichartige Elektricität zeigt.

Diese Vorsichten sind bei den vorigen und den folgenden Versuchen nicht vernachlässigt worden. Wenn es nach obigen Resultaten scheinen könnte, daß die Regel, die der vertheilenden gleichartige Elektricität an den entferntesten Stellen des vertheilten Leiters zu suchen, noch ihre Gültigkeit habe, wenn man die Entfernungen vom nächsten Punkte des vertheilten Leiters auf der Oberfläche mißt, so ergiebt sich doch bei Betrachtung anderer Fälle, daß sie auch auf diese Weise gefaßt, nicht Stich hält.

Zu den vorigen Versuchen war eine ganze Scheibe angewandt worden; als aber eine ähnliche Scheibe angewandt wurde, die in der Mitte mit einer runden Oeff-

nung von einigen Linien durchbohrt war, zeigte sich immer noch um den Rand des Lochs auf der Rückseite positive Elektricität, wenn gleich die Prüfungsscheibe so angewandt wurde, daß nichts vom Loch verdeckt ward. Dessen ungeachtet lassen sich, wenn man längs der concaven Oberfläche des Lochs mißt, diese Punkte hier als sehr nahe betrachten.

Auch, wenn man metallische Streifen und Cylinder von angemessenen Dimensionen durch eine Kugel vertheilt, indem man die Mitte derselben der Mitte der vertheilenden positiven Kugel gegenüber anbringt, findet man (Fig. 23 Taf. I) die Mitte der Rückseite *b* positiv, ungeachtet der Weg von *a* zu *b*, selbst auf der Oberfläche gemessen, hier viel kürzer ist, als von *a* zu anderen, auf der Vorderfläche liegenden, Punkten, die sich negativ finden.

Um die Vertheilungsversuche mit Streifen und Cylindern anzustellen, wurde am Apparat, Fig. 20 Taf. I, die verticale Sieglackstange *s* vom Glasarm *g* entfernt, und statt derselben ein horizontaler gefirniffter Glasstab an das Ende von *g* befestigt, senkrecht auf die Stange *g*, so daß sie zusammen ein horizontales |— bildeten. An diesen Querbalken wurden zwei, 10 Zoll lange, Schlingen von feinen Seidenfäden gehängt, in welche der Streifen oder Cylinder so eingelegt ward, daß die Schlingen ihn nahe an den Enden faßten. Solcherge-
stalt befand sich der Streifen, senkrecht auf *g*, so wie auf den hölzernen Maafstab, in beträchtlicher Entfernung von der störenden Einwirkung anderer Leiter. Die Messingkugel von 3 Zoll Durchmesser, auf dem Isolirstab, Fig. 21, Taf. I, wurde darunter angebracht.

Unter Anwendung eines Zinkstreifens von 5 Zoll 7 Lin. Länge, 10 Lin. Breite, 1 Lin. Dicke, zeigte sich bei Abständen, variirend von 8 Lin. bis 8 Zoll, die ganze Hinterfläche immer positiv. Bei den Abständen 1 und

2 Zoll wurde die, auf der Vorderseite (untere Seite) liegende Indifferenzstelle aufgesucht und innerhalb des ersten Zolls vom Ende gefunden.

Eben so zeigte sich innerhalb gleicher Gränzen der Abstände die ganze Hinterfläche und ein Theil der Vorderfläche an den Enden positiv bei einem Messingstreifen von 14 Zoll Länge, 1 Zoll 7 Lin. Breite und 1,2 Zoll Dicke, und einem eisernen Cylinder von 7 Zoll 1 Lin. Länge und 5,9 Lin. Durchmesser. Die Elektricität an den Enden der Hinterfläche war aber stets stärker, als in der Mitte derselben.

Wieder jedoch würde man irren, wenn man nach vorstehenden Beispielen glauben wollte, daß der Punkt *b* der Hinterfläche immer positiv sey. In der That bei Anwendung eines eisernen Cylinders von 12 Zoll Länge 4,2 Lin. Dicke zeigte sich bei Abständen, die ich von 1 zu 2 Zoll variirt habe, die Rückseite an der Stelle *b* negativ statt positiv. Bei 2 Zoll Abstand lag die Indifferenz, statt auf der Rückseite zwischen 1 und 2 Zoll von der Mitte, auf der Vorderseite aber zwischen $1\frac{1}{2}$ und $2\frac{1}{4}$ Zoll vom Ende, so daß also auf der Vorderseite sich die negative Elektricität weiter von der Mitte an erstreckte, als auf der Rückseite. Bei 1 Zoll Abstand lag die Indifferenzstelle auf der Rückseite ebenfalls zwischen 1 und 2 Zoll von der Mitte, auf der Vorderseite zwischen 2 und 3 Zoll vom Ende hatte sich jedenfalls hier mehr zusammengezogen.

Da dieser Cylinder sich von dem vorige., sowohl in Dicke als Länge unterschied, so verglich ich, um zu finden, auf welchem Umstande hauptsächlich die Verschiedenheit in Betreff der Elektricität der Stelle *b* beruhte, zwei Stahldrähte von gleichem Durchmesser (1,8 Lin.), aber verschiedener Länge, indem der eine bloß 3 Zoll, der andere 12 Zoll 3,5 Lin. Länge hatte. Hier zeigte sich dann bei Abständen, variirt von 8 Lin. bis

2 Zoll, daß der kurze Draht bei b positiv, der lange dagegen negativ elektrisch war.

Inzwischen sind die übrigen Dimensionen nicht ohne Einfluß. Bei Vergleich zweier Streifen Kartenpapier von der gleichen Länge, 8 Zoll 8 Lin., aber verschiedener Breite, zeigte sich bei 1 Zoll Abstand der Streifen von 3 Lin. Breite lebhaft negativ, der von 1 Zoll Breite schwach positiv bei b .

Die 3zöllige, auf dem Isolirstabe, Fig. 21 Taf. I, befestigte Messingkugel wurde mit einem hohlen Cylinder von dünnem Weißblech, von 3 Zoll 6 Lin. Durchmesser, 2 Zoll 8 Lin. Höhe und 0,18 Lin. Waudicke umgeben, der an dem Stabe g der Fig. 20 Taf. I mittelst Seidenfäden so aufgehängt war, daß seine Axe vertical war, Fig. 24 Taf. I. Da der Kugel innerhalb des Cylinders eine zu ihm symmetrische Lage gegeben war, so ragte die Kugel unterhalb und oberhalb desselben um 2 Lin. hervor, und hatte von seiner inneren Oberfläche ringsum (im horizontalen Aequator) den Abstand von 3 Linien. Die Kugel wurde geladen, schwach genug, daß kein Ueberspringen zum Cylinder stattfand, was durch besondere Proben verificirt wurde. Die ganze Außenfläche des Cylinders zeigte sich positiv, stärker an den Rändern als in der Mitte der Cylinderfläche; die Innenfläche war negativ, bis auf ein schmales Streifchen am Rande, welches erkannt wurde, als ich ein 2 Linien breites Prüfungsstreifchen anwandte. Dieses, auf die Innenfläche an den Rand angelegt, so daß nichts von ihm über den Rand herausragt, nahm stets positive Elektricität auf. Wandte ich das Prüfungsscheibchen von 8 Lin. Durchmesser eben so an, so ragte dieß schon tief genug in die negative Sphäre hinein, daß es stets negativ zurückgezogen wurde. Die Kugel selbst zeigte sich, wie zu erwarten, am schwächsten positiv an den beiden, aus dem Cylinder hervorragenden Gipfeln, nach ihrem Aequator zu nahm die Intensität zu.

Dieser Versuch hietet in sofern etwas Auffallendes dar, als wir hier der positiven Kugelfläche selbst gegenüber (an den Rändern der Innenfläche des Cylinders) noch positive Elektricität auftreten sehen.

Inzwischen zeigt sich Analogie auch bei andern Anordnungen.

Die Kupferscheibe von 9 Zoll 4 Lin. Durchmesser und 0,35 Lin. Dicke wurde wie in Fig. 20 Taf. I angebracht, und ihr gegenüber und parallel damit eine Zinkscheibe von gleichem Durchmesser und 0,6 Lin. auf dem Isolirstabe, Fig. 21 Taf. I befestigt.

Bei Variationen des Abstandes zwischen beiden Scheiben von $\frac{1}{2}$ bis 6 Zoll fand sich, wenn die untere positiv geladen war, die Unterfläche der oberen nahe am Rande ebenfalls noch positiv, so wie auch die ganze Oberfläche. Bei den größeren Abständen war diese positive Zone am Rande der Unterfläche größer oder die Indifferenzzone der Mitte näher, als bei den kleineren Abständen. Bei $\frac{1}{2}$ und 1 Zoll Abstand z. B. gab ein 2 Lin. breites Prüfungsscheibchen, unmittelbar, Rand an Rand, doch ganz auf die Unterfläche, gesetzt, positive Elektricität, das Prüfungsscheibchen von 8 Lin. Durchmesser aber, eben so angewandt, schon negative Elektricität, weil es zu weit in die negative Sphäre hineinragte. Bei 2 Zoll Abstand verhielt es sich eben so, aber die negative Elektricität, welche das Prüfungsscheibchen anzeigte, war sehr schwach; bei 3 Zoll Abstand zeigte dieses nichts (obschon immer noch das Prüfungstreifchen). Bei höheren Abständen wird die vertheilende Wirkung überhaupt nur schwach, aber selbst das Prüfungsscheibchen zeigte nun deutlich positive Elektricität, auf die angegebene Art am Rande der Unterfläche angewandt. Inzwischen ist in allen Fällen die positive Elektricität am Rande der Oberfläche beträchtlich größer, als am Rande der Unterfläche, auch bei Anwendung des schmalen Prüfungstreifchens.
