

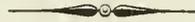
# Neue Theorie

des

# Elektrophors,

und ein neues

# Harzkuchen - Elektroskop.

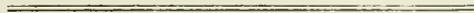


Von

**Dr. Franz Petřina,**

k. k. ord. öff. Professor der Physik und angewandten Mathematik an der k. k. Universität zu Prag, ausserordentlichem Mitgliede der k. böhmischen Gesellschaft der Wissenschaften etc.

(Mit einer Abbildung.)





## A.

### Die bisherigen Theorien des Harzelektrophors und Widerlegung derselben.

1. Die Erscheinungen, welche dem Gebiete der Physik angehören, bilden eine Kette, und jede neu entdeckte Erscheinung schliesst sich entweder an irgend einen bekannten Theil dieser Kette an, oder sie steht isolirt da. Im ersten Falle ist die Erklärung der neuen Erscheinung eine bestimmte, im zweiten Falle aber so lange eine bloss hypothetische, so lange nicht die Zwischenglieder, durch welche sie mit einem schon bekannten Theile der Kette zusammenhängt, bekannt werden. Den Zusammenhang der Erscheinungen zu finden, ist die wichtigste Aufgabe der Physik. Desswegen ist für den Physiker jede Erscheinung gleich wichtig; denn jede erscheint als eine nothwendige Folge einer ihr in der Reihe unmittelbar vorangehenden, und als der Erklärungsgrund einer ihr unmittelbar nachfolgenden. Dieses möge mich entschuldigen, wenn ich in dieser Abhandlung die Erscheinungen eines wohl bekannten und vielleicht zu gering scheinenden physikalischen Apparates, nämlich des Elektrophors, zur Sprache bringe.

Jeder, der über diese Erscheinungen nachgedacht, und der nicht gewohnt ist, sich mit einer oberflächlichen Erklärung irgend einer Erscheinung zufrieden zu stellen, wird gewiss mit mir darin übereinstimmen, dass die bisherige Erklärung der Erscheinungen des Elektrophors keinen Anspruch auf Gründlichkeit machen könne. Dieses durch Versuche nachzuweisen, eine begründete Erklärung dieser Erscheinungen zu geben, und eine für den Physiker nützliche Anwendung des Elektrophors bekannt zu machen, ist der Zweck dieser kleinen Arbeit.

2. Wenn man der Geschichte der Elektrizität nachgeht, so kommt man auf eine Reihe von Erscheinungen, die mit den elektrophorischen in naher Beziehung stehen, und die dem geistreichen Physiker *Volta* eine Veranlassung zur Erfindung seines beständigen Elektrizitätsträgers, wie er seinen Apparat nannte, gegeben haben.

a) Die älteste Erscheinung dieser Art rührt von den Jesuiten in *Pe-king* her. Diese haben im Jahre 1755 der Akademie in Petersburg einen Versuch mitgetheilt, über welchen der Physiker *Acquin* in der Sitzung einen Vortrag gehalten, der sich in dem 7. Bande der neuen Petersburger Commentarien abgedruckt findet \*). Dieser Versuch war im Wesentlichen folgender:

\*) Siehe neue Petersburger Commentarien für das Jahr 1758 und 1759. 7. Band, Seite 23 und 277—302.

Legt man eine elektrisch gemachte Glasplatte auf die Glasplatte eines Compasses, so wird die Magnetnadel von der Glasplatte angezogen und kehrt erst nach einer längeren Zeit in ihre Lage zurück. Hebt man die elektrische Glasplatte ab, so wird die Nadel von neuem angezogen, sogleich aber wieder abgestossen, wenn man die abgehobene Platte wieder auflegt. Dieses Spiel der Nadel wiederholt sich so oft, als man die elektrische Platte abhebt und wieder anlegt.

b) Im Jahre 1757 veröffentlichte *Joh. Carl Wilke*\*) einige Versuche, die als hieher gehörig angesehen werden müssen. Er goss geschmolzenen Schwefel in ein Glasgefäß und liess ihn darin erstarren. Wurde der Schwefel, nachdem er fest geworden ist, herausgezogen, so fand er ihn negativ und das Glas positiv elektrisch; wurde der Schwefel aber wieder hinein geschoben, so verschwanden die Elektricitäten. Diese Erscheinungen traten stärker hervor, wenn das Glas bei dem Hineingießen des Schwefels auf einer leitenden Unterlage stand, und am stärksten, wenn die äussere Fläche des Glases mit einem guten Leiter belegt war. Diese Versuche, die auch *Acpin* angestellt, nur mit dem Unterschiede, dass er den Schwefel in ein metallenes Gefäß gegossen hatte, sind auch in der Hinsicht wichtig, dass man durch sie zur Überzeugung gelangte, dass der Schwefel die durch den Guss erhaltene Elektricität jahrelang behält.

Eine solche *Wilke'sche* Vorrichtung traf ich an meinem früheren Bestimmungsorte in Linz an, die dem Inventar nach über 50 Jahre alt sein musste. Als ich den Schwefel aus dem konischen Glasgefässe mit aller Vorsicht, das ist jede Reibung am Glase vermeidend, herauszog, fand ich ihn bedeutend negativ elektrisch. Ich untersuchte den Schwefel jedes Jahr, und fand ihn im siebenten Jahre meines dortigen Aufenthaltes eben so stark elektrisch, wie im ersten.

c) Fünf Jahre später hat *Wilke* einen andern eben so interessanten Versuch angestellt und bekannt gemacht \*\*). Er versah eine Glastafel auf beiden Seiten mit leitenden abnehmbaren Belegen. Wurde diese Vorrichtung nach Art der *Leydner* Flasche geladen und dann entladen, so zeigten die Belege keine Elektricität; wurden sie aber isolirt abgehoben, so waren sie elektrisch und zwar entgegengesetzt; berührt und von neuem auf die Glasplatte gelegt, erschienen sie wieder geladen. Dieses Elektrischwerden der Belege durch das Glas dauerte Tage, ja Wochen lang. Wurde nur das eine Beleg isolirt aufgelegt und wieder aufgehoben, so war es nicht elektrisch; wurde es aber, so lang es auflag, ableitend berührt und dann aufgehoben, so zeigte es sich elektrisch.

In dieser Vorrichtung finden wir schon den Glaselektrophor, der jedoch erst dann, nachdem *Volta* seinen Harzelektrophor bekannt gemacht hatte, in Anwendung kam.

d) Nach *Wilke* war es *Cigna*, der in seinen Versuchen den Erscheinungen des *Volta'schen* Elektrophors am nächsten kam, wie *Volta* in einem Briefe vom 20. Mai 1776 an Professor *Klinkesch* in Prag selbst gesteht\*\*\*). Unter den Versuchen, die *Cigna* angestellt

\*) *Disputatio physica experimentalis de electricitatibus. Rostochii 1757.*

\*\*\*) Siehe Abhandlungen der schwedischen Akademie für das Jahr 1762, Band 24, Seite 271.

\*\*\*) Abhandlungen einer Privatgesellschaft in Böhmen, 3. Band, Seite 199.

und in seiner Schrift »*De novis quibusdam experimentis electricis*« \*) beschrieben hat, findet man auch folgenden: Wird auf ein geriebenes Seidenband eine isolirte Bleiplatte gelegt, so wird sie elektrisch so, dass sie Funken gibt, und wenn man sie nach der Berührung isolirt von dem Bande entfernt, gibt sie gleichfalls einen Funken, jedoch entgegengesetzter Art. Diese Funken kann man so oft der Bleiplatte entlocken, als man sie auflegt, berührt, und wieder hebt. Wird aber die isolirte Platte vor dem Abheben nicht berührt, so zeigt sie sich unelektrisch. Mit den Funken einer solchen Vorrichtung hat *Cigna* Leydner Flaschen geladen.

c) Ein anderer Physiker in Turin, *Joh. Bapt. Beccaria*, beschäftigte sich mit den Versuchen über die Anziehung elektrisch gemachter Isolatoren, welche *Robert Symmer* vor ihm angestellt und veröffentlicht hat \*\*). *Beccaria* nahm zu seinen Versuchen eine Glastafel, die mit leitenden Belegen, welche isolirt abgenommen werden konnten, versehen war. Nachdem er diese Vorrichtung durch Maschinenelektricität geladen hatte, nahm er das negative Beleg ab, und ersetzte es durch eine andere ungeladene und nur mit einem Beleg versehene Glastafel, indem er die Glasplatten an einander legte. Trennte er die Glasplatten, nachdem sie längere Zeit über einander gelegen waren, so fand er nicht nur die früher geladene auf beiden Seiten positiv, sondern auch die früher ungeladene auf beiden Seiten negativ elektrisch, so dass diese kleine Papierscheibchen anzog. Dieser Versuch konnte nach einer einzigen Ladung der einen Platte fünfhundertmal wiederholt werden \*\*\*).

Als er die eine Tafel geladen und die andere ungeladene wie früher angelegt hatte, so bekam er durch leitende Berührung beider Belege einen Schlag, durch den die Tafeln vollkommen entladen zu sein schienen, indem sie keine Spur von Elektrizität zeigten. Als er aber die Tafeln trennte, fand er beide geladen, und zwar mit entgegengesetzten Elektrizitäten von denen, die sie hatten, wenn sie ohne Entladung getrennt worden waren. Beim Aufeinanderlegen verschwand wieder jede Spur von Elektrizität. *Beccaria* ersetzte auch die Glasplatten durch Scheiben von Pech, Colophonium, Siegellack, Schwefel und ihren Mischungen, und fand, dass sie im Wesentlichen dieselben Erscheinungen darboten †).

*Beccaria* suchte, wie aus seinen Schriften hervorgeht, diese Erscheinungen folgender Weise zu erklären. Zwei mit entgegengesetzten Elektrizitäten geladene Isolatoren lassen, glaubte er, wenn sie in Berührung gebracht werden, die Vereinigung ihrer Elektrizitäten zu Null zu; wenn sie aber getrennt werden, eigne sich jeder von ihnen wieder seinen zur Berührung mitgebrachten Theil der Elektrizität an. Er nannte diese Art Elektrizität die »*Electricitas vindex*.«

f) *Alexander Volta*, der diese Erscheinungen mit schärferem Auge durchblickte, war

\*) *Miscellaneae societatis Taurinensis T. III. 1765.*

\*\*\*) *Philos. Transact. V. 51 et 57* und *Priestley's* Geschichte der Elektrizität, ins Deutsche übersetzt von *Krünitz*, Berlin 1772. Seite 169 etc.

\*\*\*\*) *Joh. Bapt. Beccariae epistola ad D. Franklin de electricitate vindice. Aug. Taurin. 1767* und *Beccariae experimenta atque observationes, quibus electricitas vindex late constituitur atque explicatur. Aug. Taurin. 1769.*

†) *Beccariae Lettere dell' Electricismo artificiale. Bologna 1772, Seite 64—72.*

mit der Erklärung *Beccarias* nicht einverstanden und gerieth mit ihm in einen Streit. Durch diesen die Versuche *Beccarias* zu wiederholen genöthigt, kam er auf die Einrichtung seines Harzelektrophors \*), der so viel Aufsehen erregte und die Thätigkeit so vieler Physiker in Anspruch nahm.

3. Die wesentlichen Bestandtheile des *Volta'schen* Elektrophors sind: 1) eine Schlüssel, auch Basis, Form genannt; 2) ein in die Schlüssel passender, oder in dieselbe eingegossener, an der äussern Fläche ebener Harzkuchen, und 3) ein an diesen sich gut anschliessender, etwas kleinerer Deckel oder Teller. Die Schlüssel so wie der Teller sind gute Elektricitätsleiter, also metallisch, gut gebnet und zugerundet, und der letztere mit einer isolirenden Handhabe versehen. Soll dieser Apparat zu wissenschaftlichen Untersuchungen dienen, so müssen alle drei Theile isolirt aus einander zu nehmen sein. Die materielle Beschaffenheit des Harzkuchens ist für die Qualität der Erscheinungen, wie ich später zeigen werde, gleichgiltig.

4. Die Erscheinungen des Elektrophors sind wie bekannt im Wesentlichen folgende: Peitscht man die Oberfläche des Harzkuchens mit einem Fuchsschweife, so wird sie negativ elektrisch. Legt man jetzt auf die elektrische Fläche des Kuchens einen isolirten Teller und hebt ihn bald wieder hinreichend hoch auf, so erscheint er unelektrisch, aufgelegt und berührt gibt er einen negativen, darauf gehoben und berührt einen positiven Funken. Bringt man die Schlüssel mit dem isolirt aufgelegten Teller durch einen Leiter in Verbindung, so erhält man einen verstärkten Funken, oder wenn man diese Verbindung durch die Finger bewerkstelligte, den sogenannten elektrischen Schlag. War die Schlüssel bei dem Peitschen des Kuchens isolirt, so erscheint sie gleich der gepeitschten Fläche negativ, wird aber sogleich positiv, wenn der Teller aufgelegt wird.

5. *Volta* und die meisten seiner Zeitgenossen glaubten diese Erscheinungen erklärt zu haben, wenn sie aussagten, dass sie auf der elektrischen Atmosphäre, das ist auf der Elektricität durch Vertheilung beruhen. Eine solche Erklärung der elektrophorischen Erscheinungen findet man, leider, noch beutzutage in mehreren, selbst ausgezeichnet genannten Lehrbüchern. Eine blosser Angabe der Ursache einer Erscheinung kann aber nur dann als eine genügende Erklärung dieser Erscheinung angesehen werden, wenn die Erscheinung eine einfache, das ist, eine nothwendige Folge der einzigen angegebenen Ursache ist. Als solche einfache Erscheinungen sind jene des Tellers anzusehen. Bei zusammengesetzten Erscheinungen jedoch, das ist bei solchen, die durch das Zusammenwirken wenigstens zweier verschiedener Ursachen entstehen, reicht zu ihrer Erklärung die Angabe der einen dieser Ursachen nicht hin. Die Erscheinungen der Schlüssel und des Schlages treten, wie später leicht einzusehen sein wird, als zusammengesetzte auf. Man hat sich vielseitig bemüht, diese letzten Erscheinungen zu erklären, ohne jedoch bis jetzt zu einem übereinstimmenden und genügenden Resultate zu gelangen. Bei der Schlüssel kommt es insbesondere auf die Erklärung

\*) *Volta in scelta di opuscoli interessanti 1775 in Milano P. IX et X.* Ins Deutsche übersetzt von J. T. Klinikosch in Prag 1777.

der positiven Elektrizität an, die sie zeigt, wenn der Teller auf den Kuchen gelegt wird, und vorzüglich, wenn er berührt oder unisoliert aufgelegt wird.

*Ingen-Housz* hielt den Elektrophor für eine *Franklin'sche* Tafel. Bei der Erklärung dieser aber sagte er \*): »Auf der einen Seite wird beim Elektrisieren dem Glase Elektrizität aufgedrungen und dafür eine gleich grosse Menge der Elektrizität gezwungen, die zweite Fläche zu verlassen, und durch das Belegen in den Erdboden zu übergehen.« Auf diese Art würde die untere Fläche des Elektrophors eben so viel positive Elektrizität aus der Schüssel aufnehmen, wie viel die obere Fläche durch das Negativwerden bei dem Peitschen von ihrer positiven Elektrizität verloren hat.

*J. A. de Luc* behauptete gleichfalls in seiner Theorie des Elektrophors\*\*), dass die untere Fläche des Kuchens durch das Negativwerden der oberen Fläche fähig wird, positive Elektrizität aus der nicht isolierten Schüssel aufzunehmen, die sich an ihr verdichtet und mit der oberen negativen anzieht und festhält.

Diese Ansicht, welche unter den Physikern des verflossenen Jahrhunderts viele Anhänger und Vertheidiger gefunden hat, später aber dennoch von einer andern Ansicht, die ich weiter unten besprechen werde, verdrängt worden ist, wurde in der jüngsten Zeit von einem gefeierten Physiker von neuem wieder aufgenommen und in seinem ausgezeichneten Lehrbuche ausgesprochen\*\*\*).

6. Gegen diese Ansicht sprechen, wie mir scheint, folgende mit aller Vorsicht und vielfach angestellte Versuche:

a) Wird ein Harzkuchen, gleichgiltig ob er in der Luft schwebt oder auf einer leitenden isolierten oder nicht isolierten Unterlage liegt, gepeitscht, so erscheint er auf beiden Seiten negativ elektrisch, auf der gepeitschten stärker wie auf der andern. Legt man auf die negativ gemachte Fläche eines gut isolierten Kuchens einen guten isolierten Teller und hebt ihn bald wieder auf, so ist er unelektrisch; lässt man ihn aber längere Zeit auf dem Kuchen liegen, so erscheint er aufgehoben etwas positiv, aber niemals negativ elektrisch, was geschehen müsste, wenn er an die so stark negative Fläche des Kuchens etwas von seiner positiven Elektrizität abgegeben hätte. Damit man jedoch hier nicht einwenden könnte, der Teller habe ja an seiner oberen negativen Fläche mehr positive Elektrizität aus der Luft aufnehmen können, als er an seiner unteren positiven Seite an den Kuchen abgegeben, so änderte ich den Versuch folgender Weise ab. Ein an dem Rande gut zugerundeter Teller wurde mit einer gut isolierten Seitenhandhabe versehen und zwischen zwei isolierte gleich grosse und auf ihn gut passende Kuchen gelegt, von denen der eine stark negativ elektrisch, der andere aber ganz unelektrisch war. Als nach einer eben so langen Zeit, wie die zum Elektrischmachen des einen Kuchens verwendete war, die Kuchen von

\*) *Ingen-Housz* vermischte Schriften physisch-medicinischen Inhaltes, übersetzt und herausgegeben von *Nik. Carl Molitor*, 2. Auflage, Wien 1784, 1. Band, S. 46—92.

\*\*) *J. A. de Luc's* neue Ideen über die Meteorologie. Aus dem Französischen übersetzt, 1. Th. Berlin und Stettin 1787, Seite 215.

\*\*\*) Anfangsgründe der Physik von *Andreas v. Ettingshausen*, 1. Aufl. Wien 1844, S. 340.

dem Teller abgehoben wurden, so zeigte sich dieser unelektrisch, wiewohl seine negative Elektrizität mit dem unelektrischen Kuchen beschäftigt war, und seine positive daher leichter in den negativen Kuchen hätte übergehen können. Der unelektrisch gewesene Kuchen erschien hernach positiv elektrisch. Da die Schüssel nichts anderes ist als ein Teller der unteren Fläche des Kuchens, so scheint mir, dass auch hier kein Übergang der Elektrizität aus der Schüssel in die untere Fläche des Kuchens stattfindet, und zwar um so weniger, als diese Fläche schwächer elektrisch ist.

b) Peitscht man einen in der Luft isolirten Kuchen und überlässt ihn dann seiner Umgebung, so verliert er nach einigen Tagen seinen elektrischen Zustand fast ganz; legt man ihn aber, nachdem er isolirt elektrisch gemacht worden ist, mit der gepeitschten Seite auf eine ebene leitende Unterlage oder zwischen zwei leitende isolirte oder nicht isolirte Platten, so findet man ihn auch nach sechs Monaten, wie mich meine Versuche überzeugt haben, fast eben so stark elektrisch wie Anfangs.

Wäre ein Übergang der Elektrizität von guten, ebenen auf den Harzkuchen passenden Leitern in den Kuchen möglich, so hätte er gewiss auch bei diesem Versuche erfolgen müssen.

c) Nimmt man zwei gleiche frisch gegossene unelektrische Kuchen, legt sie auf einander, und peitscht den oberen, so findet man diesen auf beiden Seiten dem Elektroskop genähert negativ, und doch erscheint die untere Fläche sogleich positiv, wenn man auf die obere den Teller legt. Da der untere Kuchen an der mit dem oberen Kuchen in Berührung gewesenen Fläche positiv erscheint, so hat er gewiss keine positive Elektrizität an den andern Kuchen abgegeben, weil er als schlechter Leiter, wenn es geschehen wäre, hätte negativ werden müssen.

d) Dasselbe findet Statt, wenn ein Harzkuchen auf einem troekenen und sonst noch isolirten Glase gepeitscht wird. Auch ein auf diese Art elektrisch gemachter Kuchen zeigt, wenn er mit den Belegen versehen wird, alle electrophorischen Erscheinungen vollkommen, wiewohl seine untere Fläche keine positive Elektrizität aus der Unterlage habe aufnehmen können.

e) Legt man auf eine leitende Unterlage einen unelektrischen Kuchen, und auf diesen einen elektrischen mit der gepeitschten Fläche, nimmt sie, nachdem sie einige Minuten über einander gelegen sind, aus einander, so findet man den unteren Kuchen an der oberen Fläche stark positiv, an der unteren aber negativ elektrisch, er mag noch so dünn gewesen sein. Wiewohl die obere Fläche der Unterlage, wie man sich leicht überzeugen kann, durch Vertheilung positiv elektrisch ist, so gibt sie dennoch nichts von ihrer Elektrizität an die negative Fläche des unteren Kuchens ab, ja sie trägt, wie ich später zeigen werde, sogar zu ihrer Negativität bei.

Peitscht man einen Kuchen auf einer leitenden, sonst gut isolirten Basis, so zeigt sich diese mit jedem Schlag auf den Kuchen immer mehr und mehr negativ; hebt man aber den Kuchen parallel zur Berührungsfläche in die Höhe, so erscheint die Basis wieder unelektrisch, wenn die Isolirung gut war, und wenn man die Basis auf keine Weise berührte. Nicht selten findet man bei diesem Versuche die Basis etwas positiv, was gewöhnlich ge-

schieht, wenn die Luft nicht trocken ist, oder wenn der Versuch etwas länger gedauert hat. Legt man den gehobenen Harzkuchen wieder auf die Basis, so wird sie abermals negativ, aber sogleich positiv, wenn man den Teller auf den Kuchen legt, und besonders stark, wenn man den Teller ableitend berührt. Selbst bei kleinen Elektrophoren von 2 und 3 Zoll Durchmesser habe ich auf diese Weise von der Basis Funken erhalten.

Diese Erscheinung lässt sich aus der oben aufgestellten Ansicht durchaus nicht erklären. Denn wenn auch bei dem Peitschen des Kuchens auf der isolirten Basis ein Übergang von positiver Elektricität aus der Basis in die untere durch Vertheilung negativ gewordene Fläche des Kuchens stattfände, und wenn auch bei aufgelegtem Teller die negative Elektricität der oberen Fläche des Kuchens vollkommen gebunden würde; so könnte dadurch dennoch nicht mehr positive Elektricität an der unteren Fläche des Kuchens frei werden, als von ihr aufgenommen worden ist, und hiemit könnte auch in der Basis nicht mehr negative Elektricität neutralisirt werden, als früher durch den Übergang frei geworden ist, wodurch die Basis höchstens null, nie aber bis zum Funkengeben positiv elektrisch werden könnte.

7. Nur vorübergehend will ich erwähnen, dass durch die Widerlegung der vorhergehenden Ansicht zugleich auch die Unzulässigkeit nachfolgender, noch weniger zu billigender dargethan worden ist. Manche Physiker, unter denen sich auch der um die Elektricitätslehre so hoch verdiente Herr *Pfaff* befindet \*), glauben alle Erscheinungen des Elektrophors zu erklären aus der blossen Vertheilung der Elektricität im Teller und in der Form durch die Negativität der oberen Harzfläche, ohne den elektrischen Zustand im Kuchen selbst, und hiemit auch an seiner unteren Fläche, im geringsten zu berücksichtigen. Es würde mich zu weit führen, wenn ich alles anführen wollte, was gegen diese Ansicht spricht; es genüge daher das Hervorheben einer einzigen Erscheinung, die auf diese Art nicht erklärt werden kann. Es ist nämlich das Auftreten der positiven Elektricität unmittelbar auf der unteren Fläche des wie immer gepeitschten Harzkuchens, wenn auf seine obere Fläche ein Teller, besonders unisolirt gelegt wird. Diese Erscheinung ist aber gerade die Haupterscheinung, weil von ihrer gründlichen Erklärung auch die der Erscheinungen der Schlüssel sowohl für sich als in ihrer Verbindung mit dem Teller abhängt.

Wir wollen daher auch wieder unsere Aufmerksamkeit auf diese Haupterscheinung lenken, um zu sehen, was bis jetzt ausser dem oben Angeführten noch mehr zu ihrer Erklärung geschehen ist, und was für sie aus meinen zahlreich angestellten Versuchen gefolgert werden darf.

8. Da sich die positive Elektricität der unteren Fläche des Harzkuchens aus dem Übergange von Seite der Basis, wie wir oben gezeigt haben, nicht erklären lässt; und da sie bei einem elektrisch gemachten Kuchen nur immer dann auftritt, wenn der Teller aufgelegt wird: so könnte man leicht auf die Vermuthung verfallen, dass vielleicht die positive Elektricität des Tellers auf die unter ihm liegenden unelektrisch gebliebenen, oder wenigstens

\*) Siehe *Gehlers* physikalisches Wörterbuch 3. Band, 2. Abth. Seite 742 etc.

Abh. V, 4.

schwach elektrischen Harztheilchen vertheilend wirkt, und so die positive Elektrizität an der abgekehrten Seite des Kuchens hervorruft; aber die nachfolgenden Versuche deuten auf etwas ganz anderes hin.

a) Peitscht man einen frisch gegossenen, in der Luft isolirten Kuchen, und lässt ihn dann in der Luft hängen, so erscheint er nach einer gewissen Zeit, die von der Beschaffenheit des Kuchens und der ihn umgebenden Luft abhängt, an der unteren Fläche positiv elektrisch.

b) Legt man einen auf vorige Art elektrisch gemachten Kuchen auf eine Glasplatte oder einen andern unelektrischen Kuchen, und lässt ihn darauf längere Zeit, jedoch ohne Teller liegen, so tritt die positive Elektrizität an der unteren Fläche stärker hervor, wie bei dem vorhergehenden Versuche, am stärksten aber, wenn die Unterlage eine gut leitende unisolirte Platte war.

c) Peitscht man einen frischen Kuchen auf einer leitenden Unterlage, lässt ihn darauf ohne Teller liegen und untersucht ihn von Zeit zu Zeit, indem man ihn isolirt hebt und dem Elektroskop nähert, so findet man die untere Fläche immer schwächer und schwächer negativ, dann null, und endlich positiv elektrisch, die Unterlage mochte isolirt gewesen sein oder nicht.

d) Wird ein frischer, elektrisch gemachter Harzkuchen auf eine leitende, jedoch gut isolirte Platte, die man durch einen isolirten Draht mit einem Condensator verbunden hat, gelegt, so ladet sich der Condensator zuerst mit negativer Elektrizität; untersucht man die Ladung von Zeit zu Zeit, so findet man sie später null, und von da an immer mehr und mehr bis zu einem bestimmten Maximum positiv.

Wenn man bei diesen Versuchen die oberen Flächen der Kuchen nach und nach untersucht, so findet man, dass sie immer weniger und weniger negativ werden, und dass bei gewissen Graden ihrer Negativitäten sich die unteren Flächen unelektrisch zeigen, worauf dann in denselben Verhältnissen, in welchen die negative Elektrizität fernerhin abnimmt, die positive an den unteren Flächen zunimmt, so dass sie zuletzt selbst durch die oberen Flächen hindurchwirkt, und die Kuchen auf beiden Seiten positiv erscheinen lässt.

e) Am schnellsten und leichtesten überzeugt man sich von dieser Erscheinung, wenn man einen wie immer durch Peitschen elektrisch gemachten Kuchen auf der gepeitschten Fläche schnell entladet, welches geschieht, wenn man über diese Fläche mit der flachen Hand sanft fährt, oder dieselbe mit den Spitzen des Fuchsschweifes betupft. Auf diese Art erscheint die untere Fläche des Kuchens augenblicklich positiv, nicht selten so stark, dass sie durch die obere Fläche auf das Elektroskop hindurchwirkt.

9. Aus dem bisher Gesagten folgt, dass die positive Elektrizität, welche ein Harzkuchen bei aufgelegtem Teller an seiner unteren Fläche zeigt, ihren Sitz und Ursprung im Kuchen selbst haben müsse. Zu diesem Schlusse mögen wohl manche Physiker, wenn auch auf einem anderen Wege, als den ich eingeschlagen habe, gelangt sein; denn sie verliessen mit Recht die oben aufgestellte und besprochene Ansicht über die elektrophorischen Erscheinungen, und stellten eine andere, jetzt fast allgemein verbreitete auf. Diese Ansicht besteht in Folgendem: Durch das Peitschen wird der Harzkuchen auf der gepeitschten Fläche

negativ und auf der entgegengesetzten Fläche positiv elektrisch. Ich will aus der grossen Zahl der Lehr- und Handbücher der Physik, in welchen diese Ansicht ausgesprochen ist, folgende drei, theils ihres wissenschaftlichen Werthes, theils ihrer allgemeinen Verbreitung wegen anführen.

*Joh. Ph. Neumann* sagt in seinem Werke \*): Wird der Kuchen gepeitscht, so erhält er  $-E$ , und weil ein Nichtleiter die Vertheilung von Elektrizität nicht hindert, so muss die untere Fläche des Kuchens  $+E$  erhalten.

*Pouillet* \*\*) äussert sich folgender Weise: Während durch Schlagen mit dem Katzenpelz die obere Fläche des Harzkuchens negativ elektrisch wird, wird die untere Fläche positiv elektrisch, wenn die Platte nicht gar zu dick ist.

Eben so lesen wir in des Herrn Hofraths Dr. *And. Baumgartners* \*\*\*) vortrefflichem Werke: Im Kuchen selbst erzeugt die  $-E$  der oberen Fläche unten  $+E$ . Diese zersetzt wieder die  $\pm E$  der Form, zieht  $-E$  an und stösst  $+E$  ab etc.

Dass diese Ansicht auf der Voraussetzung basirt, der Harzkuchen werde durch das Schlagen mit dem Fuchsschwanz nicht durch Mittheilung, sondern durch blosse Vertheilung elektrisch, ist leicht einzusehen, und wird auch von Vielen deutlich genug, am deutlichsten aber von *Hummel* †) ausgesprochen.

10. Bei der Prüfung dieser Ansicht haben sich mir vorzüglich zwei Fragen aufgedrungen; erstens ob es denn wirklich so ganz wahr sei, dass die positive Elektrizität des Harzkuchens ihren Sitz auf seiner nicht gepeitschten Fläche habe; und zweitens, ob die Voraussetzung, dass der Kuchen bei dem Schlagen mit dem Fuchsschwanz nur durch Vertheilung elektrisch werde, eine wirklich gegründete sei. Was die erste Frage betrifft, so glaube ich, dass sie verneinend beantwortet werden müsse. Es ist schon oben gesagt worden, dass man die negativ elektrisch gemachte Oberfläche des Kuchens leicht entladen kann. Auf gleiche Weise lässt sich auch die Fläche entladen, wenn sie auf irgend eine Art positiv elektrisch gemacht worden ist. Wäre nun die positive Elektrizität des Harzkuchens in der unteren Fläche desselben, so müsste sie sich eben so leicht entladen lassen, wie seine negative der oberen Fläche.

Allein diess gelingt nicht; denn man mag die Fläche, welche positiv sein soll, noch so gut mit den Spitzen des Fuchsschweifes betupfen, oder mit der feuchten Fläche der Hand berühren, so tritt dennoch die positive Elektrizität an ihr kräftig hervor, sobald man auf die andere Fläche den Teller legt. Wenn man hier einwenden wollte, dass man die  $+E$  der unteren Fläche desswegen nicht entladen kann, weil sie von der  $-E$  der oberen Fläche gebunden ist; so wäre zu antworten, dass ja umgekehrt auch die  $-E$  oben von der  $+E$  unten gebunden werden müsse, und dass sie sich dennoch leicht entladen

\*) *Joh. Ph. Neumanns* Physik, 2. Auflage, Wien 1835 2. Band, S. 504.

\*\*) *Pouillet's* Lehrbuch der Physik und Meteorologie für deutsche Verhältnisse frei bearbeitet von Dr. *Joh. Müller*, Braunschweig 1843, 1. Band, Seite 398.

\*\*\*) *Naturlehre* von Dr. *And. Baumgartner*, 8. Auflage, S. 415.

†) Dr. *And. Baumgartners* Zeitschrift für Physik und verwandte Wissenschaften, Wien 1832 — 1838, 2. B. S. 217.  
69\*

lasse. Diesen Einwurf kann man aber durch folgendes Verfahren gänzlich beseitigen. Man lege auf einen gepeitschten isolirten Kuchen den Teller und berühre ihn, damit die obere —  $E$  so gut als möglich gebunden, die untere  $+ E$  aber frei werde, und suche diese jetzt zu entladen. Hat man sich noch so viel Mühe gegeben dieses zu thun, so erscheint dennoch, wenn man den Teller hebt und wieder aufsetzt, der Kuchen positiv und wirkt schon von weitem auf das Elektroskop. Dieses Entladen kann man oft wiederholen, die  $+ E$  wird dadurch nicht zerstört, welches doch der Fall sein müsste, wenn sie ihren Sitz auf der untern Fläche des Kuchens hätte.

Was die zweite Frage anbelangt, so scheint mir auch diese dahin beantwortet werden zu müssen, dass der Harzkuchen bei dem Peitschen nicht durch Vertheilung, sondern durch Mittheilung elektrisch werde.

Die Voraussetzung, dass bei dem Elektrischwerden des Harzkuchens eine blosse Vertheilung stattfindet, lässt sich durchaus nicht rechtfertigen. Der Schluss, den man hier zu machen scheint, nämlich: Die Voraussetzung muss eine richtige sein, weil sich aus ihr die elektrophorischen Erscheinungen erklären lassen, kann doch wohl kein gültiger genannt werden? Gesetzt aber auch, man könnte die Richtigkeit des Schlusssatzes durchaus nicht in Abrede stellen, so lässt sich die Unzulässigkeit der Prämisse, dass sich nämlich alle Erscheinungen des Elektrophors aus der blossen Vertheilung erklären lassen, aus der Vertheilung selbst nachweisen. Bei der Elektrizität durch Vertheilung wird der elektrische Nullzustand aufgehoben und in einen elektrischpolaren verwandelt. Beide Elektrizitäten (nach der gewöhnlichen Vorstellung genommen) treten dabei in gleichem Masse, aber nach entgegengesetzten Richtungen hervor. Betrachten wir zuerst einen solchen Zustand an einem Molekel, wo die Polaritäten einander sehr nahe liegen und ohne Zwischemittel auf einander wirken können. Hier kann doch unmöglich angenommen werden, dass der eine Pol durch den andern hindurch wirken könne, ohne von ihm vollkommen neutralisirt zu werden, weil durch eine solche Annahme die Ungleichheit der Polaritätsgrößen gesetzt, hiemit das Vertheilungsgesetz aufgehoben würde.

Denkt man sich zweitens die Polaritäten durch einen messbaren Zwischenraum getrennt, so kann auch hier auf gleiche Weise wie bei dem ersten Falle keine solche Durchwirkung stattfinden, auch wenn der Zwischenraum die Fernwirkung auf keine Art schwächt, was schwerlich Jemand behaupten wird.

Ein dritter Fall könnte vielleicht auch von der Art möglich sein, dass bei der Vertheilung mehrere polare Theilchen hinter einander entstünden, so dass die Polaritätsgrößen einzelner Theilchen eine, von der Seite der Vertheilungsquelle aus genommen, abnehmende Reihe bildeten. Bei diesem Falle, der besonders bei schlechten Leitern leicht denkbar ist, könnte es am leichtesten den Anschein haben, dass der erste Pol der Reihe durch den letzten wegen seiner überwiegenden Stärke hindurch wirken könne. Allein erwägt man, dass die Polaritäten eines jeden einzelnen Gliedes, weil sie aus dem Nullzustande hervorgerufen worden sind, einander vollkommen gleich sein müssen: und dass ja der erste Pol des ersten Gliedes durch den zweiten ihn vollkommen neutralisirenden durchzuwirken hätte: so

verschwindet jeder Schein der Fernwirkung über das letzte Glied. Wenn man hier einwenden wollte, dass sich die Elektricitäten zwischen dem ersten und letzten Pol der Reihe binden können, so ist es wahr, aber eben so wahr ist es, dass sich die entgegengesetzten Elektricitäten nur in so weit binden können, als sie einander der Grösse nach gleich sind. Fängt die Reihe mit der negativen Polarität an, so endet sie nothwendiger Weise mit einer positiven. Schliesst man diese zwei äussersten Pole aus und vergleicht die Summen der positiven und negativen Elektricitäten, die sich binden sollen, mit einander, so findet man, dass die positive Summe die negative um eben so viel übertrifft, um wie viel der erste Pol den letzten an Grösse übersteigt, und dass daher trotz dem sich Binden der entgegengesetzten Elektricitäten dennoch kein Durchwirken des ersten Poles durch den letzten möglich sei.

Auf diese Weise lässt sich bei dem Harzkuchen, wenn man annimmt, dass er nur durch Vertheilung elektrisch worden ist, seine —  $E$  an der unteren Fläche durchaus nicht erklären. Es lassen sich aber auch noch experimentelle Gründe gegen diese Ansicht anführen. Die Versuche lehren, dass je zwei unelektrische, materiell verschiedene Körper, wenn sie bei Berührung, Druck, Reibung u. s. w. auf einander elektrisch einwirken, entgegengesetzt elektrisch werden, und dass noch kein Fall vorgekommen, wo der eine Körper zum Theil  $+$  und zum Theil  $-$  elektrisch worden wäre. Wenn aber bei solchen Versuchen sich nur bei einem der in Wechselwirkung gewesenen Körper nachweisen lässt, dass er nur eine der Elektricitäten aufgenommen, so ist dadurch die Mittheilung von Elektricität dargethan, besonders wenn dieser Körper zu den guten Leitern gehört, welche, wie bekannt, nur so lange durch Vertheilung elektrisch bleiben können, als sie der Vertheilungsquelle ausgesetzt bleiben. Dass der Fuchsschwanz zu ziemlich guten Elektricitätsleitern gehört, unterliegt keinem Zweifel; auch dürfte schon der Umstand dafür sprechen, dass man ihn nach dem Peitschen des Kuchens, wenn man ihn dabei in der Hand hält und dann sogleich untersucht, ganz unelektrisch findet. Peitscht man aber den Harzkuchen mit einem gut isolirten Fuchsschwanz, so wird erstens der Kuchen weniger elektrisch, als er es bei gleicher Anzahl Schläge geworden wäre, wenn man den Fuchsschweif in der Hand gehalten hätte, und zweitens wird der Fuchsschweif stark positiv elektrisch, woraus folgt, dass eine Mittheilung von Elektricität habe stattfinden müssen. Auch folgende Erfahrung dürfte in dieser Hinsicht nicht zu übersehen sein. Ladet man eine Leidner Flasche negativ, fasst ihr äusseres Belege mit der Hand und fährt mit dem Knopfe des inneren Beleges auf der oberen Fläche eines isolirten oder nicht isolirten Harzkuchens einige Mal hin und her, so wird die Flasche ziemlich entladen und die Fläche des Kuchens negativ geladen. Ein solcher durch Mittheilung negativ elektrisch gemachter Kuchen zeigt durchaus alle angeführten Erscheinungen eines mit dem Fuchsschweif geschlagenen Kuchens in ausgezeichnetem Grade.

Ein anderer Grund, den man für die Ansicht, dass der Harzkuchen bei dem Peitschen nur durch Vertheilung elektrisch werde, anzuführen pflegt, ist der, dass der Harzkuchen ein schlechter Elektricitätsleiter sei und daher nicht leicht durch Mittheilung elektrisch werden

kann. Wenn man diesen Grund etwas genauer ansieht, so findet man, dass er nur ein scheinbarer ist, und daher gar keine Beweiskraft für die Richtigkeit jener Ansicht habe.

Nimmt man das Nichtleucht in dem Sinne, dass etwa der Harzkuchen den elektrischen Zustand mit einem ihm selbst bis zur Berührung genäherten schwach elektrischen ebenen Körper nicht so wie ein guter Leiter theilt, so hat man vollkommen Recht; allein dieses steht mit dem Elektrischwerden des Harzkuchens durch das Peitschen mit dem Fuchsschweife in gar keiner Beziehung; denn hier treten ganz andere Molekularkräfte ins Spiel, bei denen von keinem Vergleiche die Rede sein kann, weil man ihre Grössen nicht kennt. Nach der mechanischen Kraft, die man zu ihrer Anregung verwendet, lassen sie sich nicht beurtheilen; denn es gibt Fälle, wo durch eine sehr geringe mechanische Kraft eine Staunen erregende Molekularkraft veranlasst wird.

Trockenes Glas ist gleichfalls ein schlechter Leiter, und doch wird es durch Reiben in einem hohen Grade elektrisch, und zwar, wie bekannt, durch Mittheilung.

Legt man eine ebene reine Zinkplatte gut isolirt auf einen unelektrischen Harzkuchen und hebt sie sogleich wieder auf, so findet man sie negativ elektrisch, ein Beweis, dass der Harzkuchen positiv elektrisch werden musste. Auch darf man bei der Prüfung des oben angeführten Grundes den Umstand nicht übersehen, dass man sich bei dem Elektrischmachen des Harzkuchens immer eines Körpers bedient, der mit sehr vielen und sehr feinen Spitzen versehen ist. So gut als man einen elektrischen Kuchen mit Hilfe der Spitzen des Fuchsschweifes entladen kann, so gut kann man auch einen unelektrischen mit einem isolirten und elektrischen Fuchsschwanz laden. Dass der Fuchsschwanz und der Harzkuchen schon bei der sanftesten Berührung aufeinander elektrisch einwirken, unterliegt keinem Zweifel; denn wenn man einen unelektrischen Harzkuchen mit einem gleichfalls unelektrischen Fuchsschweife einigemal vorsichtig, das ist ohne Reibung und Druck berührt, so findet man die betupfte Fläche positiv elektrisch. Es darf nicht befremden, dass das elektrische Verhalten dieser zwei Körper bei der Berührung ein anderes ist, als bei der Reibung, solche Fälle finden auch zwischen anderen Körpern statt. Legt man z. B. eine isolirte Zinkplatte auf ein seidenes, einigemal übereinander gelegtes Tuch und hebt sie nach der Berührung wieder auf, so findet man sie negativ, hat man aber mit ihr das Tuch gerieben, positiv elektrisch. Die Ursache dieser Erscheinung scheint Wärme zu sein, die sich bei dem Reiben entwickelt; denn erwärmt man vor der Berührung das Tuch bis zu einem bestimmten Grade, so wird die Zinkplatte schon durch blosse Berührung positiv. Es hängt, wie ich mich oft überzeugt habe, von dem Unterschiede der Temperatur dieser zwei Körper ab, ob die Platte durch die Berührung mit dem Seidentuch negativ, null, oder positiv elektrisch erscheint. Es ist auch bekannt, dass die Wärme die Körper geneigt macht, negativ elektrisch zu werden.

**B.****Neue Theorie des Harzkuchen-Elektrophors.**

11. In dem Vorangehenden habe ich mich bemüht den ersten Theil meiner Aufgabe zu lösen, nämlich zu zeigen, dass die bis jetzt aufgestellten Theorien der elektrophorischen Erscheinungen keinen Anspruch auf Gründlichkeit machen können, theils, weil sie auf irrigen Voraussetzungen beruhen, und theils, weil sie nicht alle Erscheinungen des Elektrophors erklären.

Bevor ich jedoch meine Ansicht über diesen Gegenstand auseinandersetze, erlaube ich mir einige Versuche anzuführen, die nicht wenig zum Entstehen dieser neuen Ansicht beigetragen haben.

a) Wenn man sich mit einem selbst nur schwach positiv oder negativ elektrischen Körper einem unelektrischen Harzkuchen nähert, so findet man, dass dieser die Durchwirkung der Elektrizität durch seine Masse augenblicklich zulässt, ohne im geringsten elektrisch zurückzubleiben, wenn man den elektrischen Körper bald genug aus seiner Nähe bringt. Die Durchwirkung der Elektrizität durch eine Harzmasse, wie man sie zu Elektrophoren anwendet, fand ich etwas schwächer, wie die durch eine Luftschicht von derselben Dicke. Ich habe eine bedeutende Anzahl Kuchen von verschiedener Dicke und Grösse gegossen, und zwar aus weissem und gelbem Wachs, aus weissem und schwarzem Pech, aus ihren verschiedenen Zusammensetzungen unter einander und auch mit Schellack, und prüfte sie in Bezug auf die Durchwirkung der Elektrizität durch sie auf folgende Art. Es wurde ein etwas wenig gepeitschter Harzkuchen genommen und mit Hilfe von Seidenfäden in der Luft isolirt so, dass die elektrische Fläche horizontal und nach unten zu liegen kam. Unter diesen Kuchen, zu ihm parallel, wurde die Collectorplatte eines *Behnenbergerschen* Elektroskops gestellt und ableitend berührt, bis das Goldblättchen vollkommen in Ruhe blieb. Wurde welcher immer von den gefertigten unelektrischen Kuchen zwischen die Collectorplatte und den elektrischen Kuchen gut isolirt geschoben, so zeigte das Goldblättchen des Elektroskops eine deutliche Spur von freier positiver Elektrizität. Dieses Freiwerden der früher gebundenen Elektrizität der Collectorplatte zeigt die Abnahme der Wirkung der Elektrizität durch die Harzmasse an, und deutet auf ein eigenthümliches, oder wie *Faraday* sich ausgedrückt, spezifisches Vertheilungsvermögen hin. Diese Versuche beweisen, dass in den Harzmassen, wiewohl sie schlechte Electricitätsleiter sind, dennoch solche Theilchen vorhanden sein müssen, welche den Zustand der Elektrizität durch Vertheilung schnell annehmen und eben auch wieder schnell verlieren können.

b) Lässt man einen elektrischen Körper längere Zeit durch einen Harzkuchen hindurchwirken, so bleibt dieser nach Entfernung von jenem dauernd elektrisch. Dieser Versuch lehrt uns Theilchen im Kuchen kennen, die die Beschaffenheit haben, den elektrischen Zustand der Vertheilung langsam anzunehmen, aber dafür wieder lange festzuhalten. Dass diese Theilchen nicht mit jenen, die wir bei vorhergehenden Versuche haben im Harzkuchen

annehmen zu müssen geglaubt, identisch sind, scheint aus dem Umstande hervorzugehen, dass ein auf obige Art elektrisch gewordener Kuchen die Wirkung sehr schwacher positiver oder negativer Elektrizität durchlässt, ohne dass sein elektrischer Zustand dadurch geändert wird.

c) Peitscht man einen Harzkuchen auf einer leitenden nicht isolirten Unterlage, und legt ihn dann mit der unteren Fläche auf die Collectorplatte des *Bohnenberger'schen* Elektroskops, oder peitscht den Kuchen unmittelbar auf der Collectorplatte, die man dabei ableitend berührt, so wird in dieser die positive Elektrizität gebunden, und die negative durch die Berührung neutralisirt, und das Goldblättchen hängt ruhig und zeigt keine Spur von Elektrizität. Nähert man sich dann der oberen Fläche des Harzkuchens mit einem andern isolirten und schwach negativ elektrischen Kuchen, so zeigt das Goldblättchen sogleich freie negative Elektrizität an, die aber verschwindet, wenn man den beweglichen Kuchen wieder schnell entfernt. Lässt man aber den zweiten Kuchen einige Secunden in der Nähe des ersten, so zeigt das Goldblättchen freie positive Elektrizität an. Anstatt des zweiten Kuchens kann man auch einen isolirten schwach negativ elektrischen Leiter nehmen, z. B. den Teller, oder eine schwach negativ geladene Leidner Flasche, die man bei äusserem Belege hält und sich mit ihrem Knopfe dem Harzkuchen von oben nähert; der Erfolg ist in jedem Falle derselbe.

Auch dieser Versuch spricht für verschieden wirkende Theilehen im Harzkuchen, und zwar für Theilehen, die augenblicklich, und für Theilehen, die erst in einer messbaren Zeit in Thätigkeit gebracht werden können.

d) Ein jeder Harzkuchen, er mag gegossen oder gepresst sein, ist nur an seiner Oberfläche mit einem etwas dichterem Häutchen überzogen, in seinem Inneren aber ist er mit einer unzählbaren Menge Bläschen versehen. Diese Bläschen sind von verschiedener Grösse, die meisten aber so klein, dass sie nur mit bewaffnetem Auge wahrgenommen werden können. Sie sind meistens nur durch sehr dünne Harzschichten getrennt, und bilden durch die Dicke des Kuchens förmliche Ketten. Von diesen Bläschen, die Gase enthalten müssen, sind auch nicht jene Kuchen frei, die man aus Schellaek erhält, wenn man ihn in Alkohol auflöst und dann in einer bedeutenden Hitze so viel als nur möglich troeknen lässt. Diese Gasbläschen mögen die Ursache sein, dass der Schellaek, der doch zu den schlechtesten Elektrizitätsleitern gehört, dennoch die Vertheilung der Elektrizität so gut und so schnell zulässt. Dass verdünnte Gasarten die Elektrizität besser leiten als verdichtete, ist eine alte Erfahrung. Weil jedoch die Leitung die Vertheilung voraussetzt oder durch sie bedingt ist, so ist gewiss der Schluss zulässig, dass eine bessere Leitungsfähigkeit mit einer besseren Vertheilungsfähigkeit verknüpft sei. *Faraday* fand \*), dass eine Schichte verdünnter Luft die Elektrizität eben so gut durchwirken liess, wie eine eben so dicke Schichte verdichteter Luft. Da im ersten Falle der Lufttheilchen weniger waren, wie im zweiten Falle, aber dennoch dasselbe geleistet haben, so musste jedes Theilehen der dünneren Luft stärker durch Vertheilung elektrisch werden als jedes Theilehen der dichtereren Luft, woraus ebenfalls gefolgert

\*) *Faraday* in *Poggendorffs Annalen*, Band 46, Seite 371.

werden muss, dass verdünnte Luft leichter durch Vertheilung elektrisch wird, als verdichtete. Was von der Luft gesagt worden ist, gilt auch nach *Faraday* von andern Gasarten.

e) Durch folgenden Versuch habe ich mich überzeugt, dass gute Elektricitätsleiter die Wirksamkeit eines Harzkuchens erhöhen, wenn man sie seiner Masse beimengt. Es wurden zwei Kuchen gegossen von gleicher Grösse und Dicke und von derselben Masse, nur mit dem Unterschiede, dass bei dem einen in seinen inneren Raum feine Kupferfeilspäne eingestreut worden sind. Als ich beide Kuchen auf gleiche Weise mit dem Fuchsschweife behandelte und ihre Wirksamkeit untersuchte, so zeigte sich der mit den Kupferspänen bedeutend kräftiger. Dieser Kuchen gab nach 70 Schlägen mit dem Fuchsschwanz, wiewohl er nur 4" im Durchmesser hatte, einen halben Zoll lange und bei Tageslicht sichtbare Funken so wie empfindliche Erschütterungen.

Dieser Versuch führt zugleich zu der Vermuthung, dass das Flintglas sein ausgezeichnetes elektrisches Vertheilungsvermögen, worin es alle andern Glasarten übertrifft, dem Bleizusatze, der es auch in optischer Hinsicht auszeichnet, zu verdanken haben möge.

Die vorhergehenden Erfahrungen führen zu der Überzeugung, dass es im Harzkuchen zwei Arten von Theilchen gibt, die in Beziehung ihres elektrischen Verhaltens von einander sehr abweichen, indem die Theilchen der einen Art den Zustand der elektrischen Vertheilung leicht annehmen, fortleiten, und wieder leicht verlieren, die Theilchen der andern Art aber den elektrischen Vertheilungszustand schwer annehmen, dafür aber lange festhalten, und desswegen nur auf sehr geringe Entfernungen fortleiten.

Welchen Einfluss diese Verschiedenheit der Theilchen auf die Erscheinungen des Elektrophors habe, soll in Nachfolgendem ersichtlich gemacht werden.

12. Aus den in den vorangehenden Versuchen gemachten Erfahrungen lassen sich die elektrophorischen Erscheinungen auf folgende Weise erklären:

a) Wird dem Harzkuchen an seiner oberen Fläche entweder durch das Schlagen mit dem Fuchsschwanz, oder auf irgend eine andere Weise negative Elektricität mitgetheilt, so dringt sie vermöge der Eigenschaft des Harzes nur auf eine sehr geringe Tiefe ein. Unter dieser negativen Schichte befinden sich sowohl Harztheilchen als auch Gasbläschen, die durch Vertheilung elektrisch werden, nach oben positiv, nach unten negativ. Bei jenen dringt der elektrische Zustand nicht tief ein und ist dauernd, das heisst, hört nicht auf, auch wenn die negative Elektricität der obersten Schichte gebunden wird oder verschwindet, bei den Gasbläschen hingegen pflanzt sich der Vertheilungszustand durch die ganze Dicke des Kuchens fort, und hält nur so lange an, als die negative Elektricität der oberen Schichte nach unten wirkt. Daher erklärt sich die negative Elektricität an der unteren Fläche des Harzkuchens.

b) Wird auf einen elektrischen Kuchen der Teller gelegt, so wird er durch Vertheilung elektrisch, nach unten positiv, nach oben negativ. Diese Elektricitäten ziehen einander an und vereinigen sich wieder zu Null, wenn der Teller unberührt gehoben wird; wird aber der Teller, so lange er aufliegt, ableitend berührt, so lässt seine negative Elektricität die von unten angezogene positive fahren, und sättigt sich mit der positiven Elek-

tricität des Fingers zu Null, wobei ein Funke entsteht. Durch die positive Elektricität des Tellers wird die negative des Kuchens gebunden. Durch dieses Gebundensein der negativen Elektricität der oberen Harzschichte kehren die unter ihr liegenden und durch Vertheilung elektrisch gewesenen Gasbläschen grösstentheils in ihren natürlichen Zustand zurück, und die früher gebundene positive Elektricität der Harztheilchen wird frei. Diese wirkt aber sogleich auf die benachbarten Gasbläschen vertheilend ein, macht sie nach oben negativ und nach unten positiv elektrisch.

Daher rührt die positive Elektricität der unteren Fläche des Kuchens her, wenn der Teller aufgesetzt wird, und besonders wenn er aufliegend berührt wird; daher ist zu erklären die  $+E$  der unteren Fläche, wenn die obere langsam oder schnell entladen wird, wie wir es bei den Versuchen in §. 8 gesehen haben; darin liegt die Ursache, dass man die positive Elektricität der unteren Fläche nicht ableiten kann, und dass der Harzkuchen, wenn seine negative Elektricität abgeleitet worden ist, auf beiden Flächen positiv elektrisch erscheint.

Wird der Teller nach der Berührung gehoben, so erscheint er positiv, weil seine gebundene Elektricität frei wird, und der Kuchen kehrt in seinen vor dem Aufsetzen des Tellers gehabten Zustand zurück.

c) Legt man den gepeitschten Kuchen auf eine leitende, gut isolirte Schüssel, oder peitscht den Kuchen unmittelbar auf ihr, so pflanzt sich der Vertheilungszustand mittelst der Gasbläschen auch auf die Schüssel fort, sie wird nach oben positiv und nach unten negativ, und gibt berührt gleichfalls einen negativen Funken gleich dem Teller. Legt man aber den Teller auf, so ändert sich dadurch nicht nur der Zustand der Gasbläschen, sondern auch der der Schüssel. Diese wird jetzt, besonders wenn der Teller berührt wird, nach innen negativ und nach aussen positiv, und gibt berührt abermals einen Funken.

So wie die Berührung des Tellers die Vertheilung der Elektricität in der Schüssel fördert, eben so wirkt auch die Berührung der Schüssel umgekehrt auf die Vertheilung im Teller stärkend. Denn durch das Berühren der Schüssel wird ihre negative Elektricität freier, dadurch entsteht ein stärkeres Binden der positiven Elektricität in den Gasbläschen und Freiwerden ihrer negativen. Diese bindet wieder mehr positive Elektricität in den Harztheilchen und macht dadurch mehr negative an der oberen Fläche frei, die von neuem vertheilend auf den Teller wirkt. Dass diese Rückwirkung wirklich stattfindet, ist leicht einzusehen, denn der Teller, den man früher ableitend berührte, und der daher keine Spur mehr von negativer Elektricität zeigte, tritt nach der Berührung der Schüssel sogleich wieder stark negativ auf. Diese Wechselwirkung zwischen dem Teller und der Schüssel, wenn sie ableitend berührt werden, und der Umstand, dass die freien Elektricitäten an ihren äusseren Flächen entgegengesetzter Art sind, machen, dass man eine Erschütterung bekommt, wenn man die Schüssel und den Teller durch die Finger in Verbindung bringt. Ist die Schüssel gut isolirt, so ist es für die Erschütterung gleichgiltig, ob man früher den einen Finger auf die Schüssel oder den Teller gelegt hat.

d) Ist der Harzkuchen isolirt gepeitscht worden, so zeigt er sich schwächer elektrisch, als wenn er dabei auf einer leitenden, doch aber isolirten Schüssel gelegen, und

hier wieder schwächer, als wenn die Schüssel mit dem Erdboden in leitender Verbindung gewesen ist. Denn im ersten Falle finden die durch Vertheilung elektrisch gewordenen Gasbläschen an der unteren Fläche des Kuchens eine zu geringe Beschäftigung, indem die Luft der Vertheilung stark widersteht, und können hiemit die negative Elektricität, welche der oberen Fläche des Kuchens mitgetheilt wird, nicht in grosser Menge binden; im zweiten Falle aber lässt die Schüssel die Vertheilung viel besser zu wie die Luft, daher eine stärkere Rückwirkung nach oben; weil aber die entgegengesetzten Elektricitäten der Schüssel einander anziehen, so kann in der Schüssel dennoch nicht so viel positive Elektricität von den Gasbläschen gebunden werden wie im dritten Falle, wo dieses Hinderniss wegfällt durch die Ableitung der negativen Elektricität zur Erde und die Erhaltung des Nullzustandes an der äusseren Fläche bei jedem Grade der Einwirkung von Seite der Gasbläschen auf die Schüssel.

Daher kommt die stärkere Wirkung des Tellers, wenn der Kuchen auf einer nicht-isolirten Basis gepeitscht worden ist. Der Schlag, den man bei einem nichtisolirten Elektrophor erhält, ist eben so zu erklären, wie der bei einem isolirten; nur darf man, wenn die Schüssel mit dem Erdboden in Verbindung steht, nicht früher den Teller als die Schüssel berühren, wenn eine Erschütterung erfolgen soll, wovon der Grund leicht einzusehen ist.

e) Nimmt man einen unelektrischen, noch nie gebrauchten Kuchen, legt ihn auf eine leitende Unterlage und auf seine obere Fläche einen gepeitschten Kuchen, so findet man schon nach einigen Minuten den früher unelektrischen Kuchen durch Vertheilung elektrisch, und zwar dem Vertheilungsgesetze gemäss nach unten negativ und nach oben positiv. Ein auf diese Weise elektrisch gewordener Kuchen unterscheidet sich wesentlich von einem gepeitschten; denn bei diesem ändert sich die Elektricität der unteren Fläche, wenn auf die obere der Teller gelegt und berührt wird, der Art nach, bei diesem aber nur der Grösse nach.

Legt man einen unelektrischen Kuchen auf einen gepeitschten, so erscheint er auf der oberen die Luft berührenden Fläche, so lange er aufliegt, negativ, abgehoben aber gegen das Vertheilungsgesetz etwas positiv elektrisch. Diese schwache positive Elektricität an der mit der Luft in Berührung gewesenen Fläche lässt sich kaum anders erklären, als aus der Aufnahme von Elektricität aus der Luft. Diese aufgenommene Elektricität wird, so lange der Kuchen aufliegt, von den durch Vertheilung elektrischen Gasbläschen gebunden, und erst frei, wenn diese bei Abheben des Kuchens grösstentheils in ihre natürliche Lage zurückkehren. Auch lässt sich diese positive Elektricität sehr leicht entladen, was nicht der Fall sein könnte, wenn sie ihren Sitz im Innern des Kuchens hätte. Auch bei so einem auf beiden Seiten positiv elektrischen Kuchen ändert sich durch das Aufsetzen des Tellers die Art der Elektricität nicht.

Wegen der Schwäche der durch Vertheilung erregten Elektricitäten ist es nicht rathsam, sich bei diesen Versuchen schon gebrauchter Kuchen zu bedienen, weil, wenn sie sich auch an ihren Oberflächen unelektrisch zeigen, ihr elektrischer Zustand im Innern von der Art sein kann, dass er auf das Hervortreten so schwacher Elektricitäten störend einwirkt. Selbst frisch gegossene Kuchen müssen früher gut untersucht werden, weil sie nicht

selten nach dem Gusse negativ elektrisch sind, welches besonders dann der Fall ist, wenn man sie nicht vollkommen und langsam in der Gussform hat abkühlen lassen, oder wenn bei ihrem Herausnehmen aus der Form nicht jede Reibung vermieden wurde.

Übrigens halte ich es für überflüssig alle Versuche anzuführen, die ich mit Harzkuchen von 2 bis 18 Zoll im Durchmesser und von 1 bis 12 Linien Dicke und verschiedener materieller Beschaffenheit angestellt habe: nur sei noch bemerkt, dass mir keine Erscheinung vorgekommen, die nicht nach dieser letzten Theorie hätte ungezwungen erklärt werden können. Selbst jene Fragen, die man sonst gar nicht beantworten konnte, finden darin ihre Erledigung. Zu solchen Fragen gehören z. B. die: warum ein gepresster Kuchen besser sein könne, wie ein gegossener; welchen Einfluss übe auf die Güte des Harzkuchens die Dauer des Schmelzens der Harzmasse — die Temperatur beim Schmelzen und Giessen — die Schnelligkeit des Abkühlens des Kuchens in der Form — und das Abbrennen des Kuchens auf seiner Oberfläche u. s. w.

### C.

#### **Neue Anwendung des Elektrophors als Elektroskop, Beschreibung und Vorzüge dieses Apparates.**

13. Gleich nach der Bekanntmachung des Elektrophors durch *Volta* suchte man diesen Apparat vielseitig anzuwenden, und wollte sogar die Elektrisirmaschinen durch ihn verdrängt wissen; allein diese zahlreichen Anwendungen verschwanden nach und nach aus dem Felde der Elektrizität so, dass der Apparat jetzt, seit dem er auch aus den Wasserstoffgas-Zündmaschinen durch den Platinschwamm verdrängt worden ist, kaum nur noch zu den Schulversuchen über die Vertheilung der Elektrizität verwendet wird. Ich habe mich bemüht, diesem fast schon in Vergessenheit gerathenen Apparate eine nützliche Seite abzugewinnen und ihm sein Bestehen zu sichern dadurch, dass ich ihn, und zwar wie ich glaube, mit nicht unbedeutendem Vortheile, zu einem Elektroskop verwendete. Die Vorzüge und Mängel der bis jetzt in die Wissenschaft eingeführten Elektroskope sind zu bekannt, als dass es nöthig wäre, sie auseinander zu setzen, und eine gedrängte Beschreibung und Auseinandersetzung des neuen Elektroskops wird zeigen, wodurch er sich vor allen andern auszeichnet.

Fig. I stellt das neue Elektroskop dar im senkrechten Durchschnitte und von einem Drittel der wahren Grösse meines angefertigten Apparates.

$AA'$  ist ein auf beiden Seiten offener Glascylinder,  $BB'$  der untere und  $CC'$  der obere Boden von Holz;

$t$  ist der Teller des Harzkuchens mittelst eines Glasstabes isolirt und im oberen Boden befestigt;

$k$  ist der Harzkuchen,  $b$  die Schüssel und  $c$  eine Doppelhülse, in der sich eine Spiralfeder befindet, die den Harzkuchen an den Teller andrückt;

$hh'$  ist der Halter der Hülse und des Kuchens.

$f$  stellt einen Seidenfaden vor, der von der Schüssel durch die Feder, den Halter, den unteren Boden geht, und an der horizontalen Welle  $w$  befestigt ist. Diese Welle hat am Ende rechts ein Rädchen  $r$  mit 20 Zähnen, in welche eine Feder  $a$  von der Seite einfällt, und kann durch das Scheibchen  $\beta$  leicht zwischen den Fingern um beliebige Anzahl der Radzähne vor- und rückwärts gedreht werden, je nachdem man den Kuchen von dem Teller zu entfernen oder demselben zu nähern wünscht;

$ss'$  sind in  $BB'$  befestigte Glasstäbe, welche den Halter tragen und isoliren;

$g$  und  $g'$  sind Messingdrähte oben mit Scheibchen  $m$  und  $m'$  versehen,  $m$  ist durch  $g$ ,  $h$  und  $c$  mit der Schüssel, und  $m'$  durch  $g'$  mit dem Teller in Verbindung;

bei  $d$  und  $d'$  sind die Drähte  $g$  und  $g'$  verschiebbar, um, wenn es nöthig wäre, die Scheibchen einander nähern zu können.

Die Drähte  $a$  und  $a'$ , die bis zur Berührung von  $g$  und  $g'$  verschoben werden können, dienen dazu, um den Teller und die Schüssel ableitend berühren zu können, oder auch um die Elektricitäten der Scheibchen  $m$  und  $m'$  bei abgezogenem Kuchen vom Teller zu reguliren oder zu schwächen, im Falle ihre Spannungen ungleich oder zu gross sein sollten.

$G$  ist eine Glasglocke, durch deren Hals ein in eine Glasröhre eingekitteter und an die Platte  $P$  angeschraubter Draht  $q$  geht, der das zwischen den Scheibchen  $m$  und  $m'$  hängende Goldblättchen  $n$  trägt.

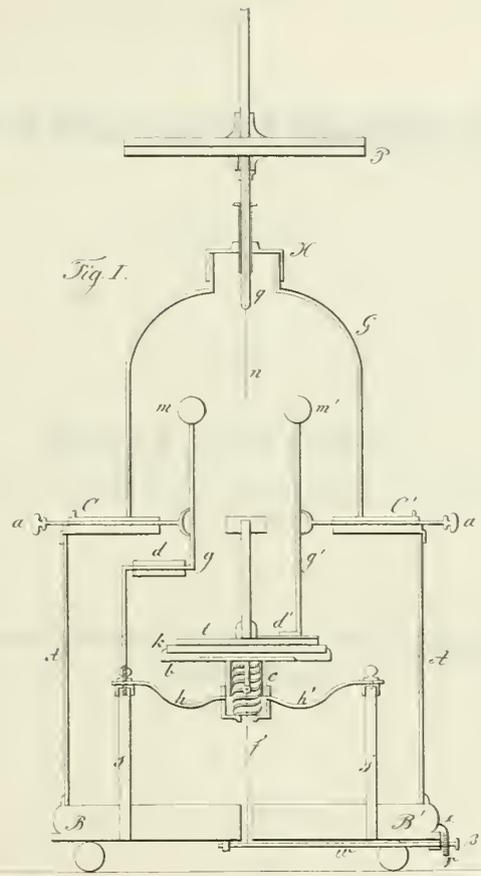
Der Deckel  $CC'$  sammt der Glocke  $G$  lässt sich abheben sowohl ohne den Cylinder  $AA'$ , als auch mit ihm, um zu einem jeden Theile im Innern leicht gelangen zu können.

Hat man den Harzkuchen etwas elektrisch gemacht, hineingelegt und mit dem Teller in Berührung gebracht, die äusseren Flächen der Schüssel und des Tellers durch Berührung von  $g$  und  $g'$  vollkommen entladen, so wird die Glocke aufgesetzt so, dass das Goldblättchen  $n$  jene Lage zwischen  $m$  und  $m'$  erhält, dass es, wenn es unelektrisch ist, von keinem der Scheibchen angezogen werde, wenn diese durch das Abziehen des Kuchens vom Teller mittelst der Welle  $w$  entgegengesetzt elektrisch werden. Bekommt dann das Goldblättchen nur eine Spur von freier Elektricität, so muss es von dem einen oder dem andern Scheibchen angezogen werden, indem man die Anziehungskraft durch stärkeres Abziehen des Kuchens vom Teller nach Willkühr steigern kann. Es bedarf keiner Erläuterung, dass das Goldblättchen freie positive oder negative Elektricität hat, je nachdem es von  $m$  oder  $m'$  angezogen wird.

Dieses neue Elektroskop hat die meiste Ähnlichkeit mit dem von *Behnenberger*, das nach meiner Erfahrung unter allen bis jetzt bekannten die besten Dienste leistet, zeichnet sich jedoch vor ihm durch mehre Vorzüge aus. 1. Ist es leichter zu construiren, weil einen guten Harzkuchen zu verfertigen nicht so schwer ist wie gute zambonische Säulen; 2. es lässt eine sehr einfache Einrichtung zu, und kommt daher billiger zu stehen als das Säulenelektroskop; 3. es kann nie unbrauchbar werden durch Kraftverlust, weil der Kuchen, wenn er schwach werden sollte, immer wieder elektrisch gemacht werden kann, was bei den trockenen Säulen, wenn sie mit Jahren unwirksam geworden sind, nicht der Fall ist; 4. hat man dabei die Spannung der Elektricität der Scheibchen, selbst während des Versu-

ches, in seiner Macht, ohne die Scheibchen verschieben zu müssen, was bei dem *Bohnenberger'schen* Elektroskop nicht stattfindet; und 5. es gewährt eben wegen seiner grösseren Empfindlichkeit mehr Sicherheit und ausgedehntere Brauchbarkeit.

Schliesslich sei nur noch bemerkt, dass man diesen neuen Apparat zu den feinsten Versuchen über die Spannungselektricität beliebiger Quelle mit sicherem Erfolge, selbst ohne Condensator verwenden kann, wesswegen ich nicht anstehe, ihn Jedermann, der sich mit diesem Zweige der Physik beschäftigt oder beschäftigen will, anzuempfehlen.



# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Abhandlungen der mathematisch-naturwissenschaftlichen Classe der königl.- böhmischen Gesellschaft der Wissenschaften](#)

Jahr/Year: 1847

Band/Volume: [5\\_4](#)

Autor(en)/Author(s): Petrina Franz Adam

Artikel/Article: [Neue Theorie des Elektrophors, und ein neues Harzkuchen - Elektroskop. 525-546](#)