Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; download unter www.zobodat

I.

Ueber die durch Elektricität bewirkten Form- und Volumenänderungen von dielektrischen Körpern.

Von W. C. Röntgen.

Hierzu Tafel I.

Die Literatur über die sogenannte „elektrische Ausdehnung“ *) ist in der letzten Zeit durch eine sehr umfangreiche und ausführliche Abhandlung des Hrn. Quincke **) vermehrt worden. Jene Abhandlung enthält im Wesentlichen: erstens eine experimentelle Prüfung der insbesondere von Hrn. Duter und Hrn. Righi aufgefundenen Gesetzmäfsigkeiten über die „elektrische Ausdehnung“, zweitens eine Begründung der vom Hrn. Verf. adoptirten Ansicht, dafs die beobachteten Erscheinungen nur durch die Annahme einer neuen, merkwürdigen Wirkung der Elektricität zu erklären seien und drittens den Versuch zu einer auf dieser Ansicht basirten Erklärung der von Hrn. Kerr und mir beobachteten elektrooptischen Erscheinungen.

---

*) Volta, Lettere inedite di Volta. Pesaro, p. 15 (1834).
Govi, Compt. rend. LXXXVII, p. 857 (1878).
Duter, Compt. rend. LXXXVII, p. 828, 960, 1036 (1878) und LXXXVIII, p. 1260 (1879).
Righi, Compt rend. LXXXVIII, p. 1262 (1879).
Korteweg, Wied. Ann. IX, S. 48 (1880).

**) Quincke, Wied. Ann. X, S. 161, 374, 513 (1880).

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; download unter www.zobodat.at

Ich habe die Abhandlung des Hrn. Quincke sorgfältig studirt und die darin mitgetheilten Resultate verglichen mit den Ergebnissen von Versuchen und Berechnungen, die ich zum Theil schon in den Jahren 1876 und 1877 über denselben Gegenstand angestellt habe. Es ist mir nun nicht gelungen immer zu denselben Schlufsfolgerungen zu gelangen wie Hr. Quincke; insbesondere kann ich die soeben erwähnte Auffassung des Hrn. Verf. nicht theilen, dafs die von ihm beschriebenen Erscheinungen nur zu erklären seien durch die Annahme einer eigenthümlichen, durch die Elektricität erzeugten, allseitigen Dilatation oder Contraction des Dielektricums, welche der durch Temperaturänderungen verursachten durchaus ähnlich, aber nicht etwa durch solche hervorgerufen wäre. Ich habe keine Veranlassung meine früher gefafste Meinung zu ändern, dafs die *bisherigen* Versuche über die Form- und Volumenveränderungen von Dielektrica, auf welche elektrische Kräfte wirken, durchaus nicht gestatten mit einiger Sicherheit auf das Vorhandensein einer besonderen Wirkung der statischen Elektricität auf die Theilchen des Dielektricums zu schliefsen; ich glaube dafs keine als unzweifelhaft richtig verbürgte Beobachtung vorliegt, welche in directem Widerspruch stünde mit der zunächst liegenden Annahme, dafs die betreffenden Aenderungen hervorgebracht werden einmal durch die gegenseitige Anziehung der ungleichnamig elektrischen Theilchen des Dielektricums und die dadurch bedingte Compression („elektrische Compression") desselben, und zweitens durch Temperaturänderungen des Dielektricums, welche beim Elektrisiren desselben eintreten.

Das Folgende enthält eine eingehende Prüfung der auf S. 513 ff. der angeführten Abhandlung zusammengestellten Ueberlegungen und Thatsachen, welche nach Angabe des Hrn. Quincke gegen die Annahme einer elektrischen Compression sprechen, sowie der Einwände, welche Hr. Quincke gegen eine Erklärung der beobachteten Erscheinungen durch Erwärmung des Dielektricums erhebt. Zum Schlufs möchte ich einige Versuche mittheilen, welche ich mit Flüssigkeiten im Laufe des vergangenen Winters und in diesem Sommer an-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; download unter www.zobodat.at

gestellt habe, und welche zu wesentlich anderen Resultaten geführt haben als die des Hrn. Quincke.

Auf S. 513 heifst es :

„§ 27. Unwahrscheinlichkeit einer elektrischen Compression. Man könnte denken, dafs durch die Anziehung der entgegengesetzten Elektricitäten auf beiden Condensatorbelegungen die Glasdicke verkleinert und durch diese „elektrische Compression“ indirect das Volumen der Thermometerkugel vergröfsert werde.“

Darauf wird die Voraussetzung gemacht :

„Die mittlere Schicht der Glaskugel vom Radius ϱ bleibt bei der Compression ungeändert.“

Und nun folgt eine kurze Berechnung, durch welche gezeigt wird, dafs bei dieser Voraussetzung die Volumendilatation des Hohlraums der Kugel $\frac{\Delta v}{v}$ umgekehrt proportional dem Durchmesser der Kugel sein müfste.

„Meine in Tabelle 5 und Tabelle 10 zusammengestellten Versuche lassen jedoch keinen Einflufs des Kugeldurchmessers erkennen.“

Die der Rechnung zu Grunde gelegte Voraussetzung, dafs die mittlere Schicht der Kugel unverändert bleibe, ist nun jedenfalls ganz und gar willkürlich, das Resultat der Rechnung hat deshalb keine Beweiskraft; dasselbe spricht eben so wenig gegen als für das Vorhandensein einer elektrischen Compression. — Wenn jene Voraussetzung in der That eine nothwendige Consequenz der Annahme einer elektrischen Compression wäre, so hätte es gar nicht der Rechnung bedurft um die Unhaltbarkeit dieser Annahme nachzuweisen; denn eine unveränderte Mittelschicht ist in directem Widerspruch mit der auf S. 180 ff. mitgetheilten Thatsache, dafs das innere und das äufsere Volumen der Glaskugeln beim Elektrisiren um nahezu gleichviel zunehmen.

Ich darf vielleicht hier hinzufügen, dafs mir jene Voraussetzung nicht nur willkürlich, sondern auch sehr unwahrscheinlich vorkommt. Geht man nämlich von dem Vorhandensein einer elektrischen Compression aus, so lassen sich

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; download unter www.zobodat.at

zwar die Gesetze der Formveränderungen vor der Hand nicht mit Hülfe der Gesetze der Elektrostatik und der Elasticitätslehre strenge ableiten, da über die Vertheilung der Elektricität auf der Oberfläche und im Innern des Dielektricums zur Zeit nichts Sicheres bekannt ist und die Erscheinung meiner Ansicht nach sehr complicirter Natur ist; soviel ergiebt aber doch eine eingehende Betrachtung, dafs die Beobachtung einer nahezu gleichen Zunahme des inneren und äufseren Volumens der Thermometercondensatoren nicht unvereinbar ist mit jener Annahme und dafs folglich die besprochene Voraussetzung höchst unwahrscheinlich ist.

Hr. Quincke fährt nun fort:

„Gegen die Annahme einer elektrischen Compression spricht ferner der Umstand, dafs weicher und wenig elastischer Kautschuk, der zwei Tage mit Wasser in Berührung war, unter sonst gleichen Umständen etwa dieselbe Volumenänderung zeigt wie das viel elastischere und weniger leicht comprimirbare Glas.“

Um die Bedeutung dieses Einwandes beurtheilen zu können, ist es nöthig, dafs man den § 13, welcher die Beobachtungen mit Kautschuk enthält, zu Rathe zieht.

Nach dem Durchlesen dieses § gewann ich die Ueberzeugung, dafs Kautschuk, wenigstens wenn derselbe in der dort angegebenen Weise verwendet wird, kein Material ist, mit welchem zuverlässige Resultate erhalten werden können. So giebt z. B. Hr. Quincke an, dafs der auf beiden Seiten von Wasser umgebene Kautschukschlauch für Wasser durchlässig sei, indem dasselbe durch elektrische Fortführung durch die Kautschukwand hindurch getrieben wurde; die dadurch verursachte Vermehrung oder Verminderung der Wassermenge im Innern des Schlauches verdeckt zum gröfsten Theil die zu beobachtende Volumenänderung. Dann soll sich die Isolationsfähigkeit des Kautschuks bedeutend ändern, wenn derselbe einige Zeit mit Wasser in Berührung ist; dieselbe soll durch Aufnahme von Wasser gröfser werden (!). Die Folge von diesen und anderen sehr störenden Eigenschaften des Kautschuks ist, erstens dafs die Erscheinungen noch unregel-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; download unter www.zobodat.at

mäſsiger und complicirter werden als bei Glas und zweitens, daſs die erhaltenen Zahlenwerthe eine sehr mangelhafte Uebereinstimmung zeigen. Jedenfalls würde ich diesen Zahlen wenig Gewicht beilegen und dieselben nicht als Stütze für die eine oder die andere Hypothese benutzen.

Uebrigens ist noch zu bemerken, daſs Hr. Quincke auf S. 200 angiebt, frischer Kautschuk zeige eine ungefähr zehnmal so groſse Volumenänderung als Glas.

Der nun folgende dritte Einwand gegen die Annahme einer elektrischen Compression stützt sich auf die von Hrn. Quincke behauptete Uebereinstimmung zwischen den beobachteten Volumenänderungen von Thermometercondensatoren aus Flintglas und solchen aus Thüringer Glas bei gleicher Glasdicke und bei gleicher Potentialdifferenz der Belegungen. Eine derartige Uebereinstimmung dürfte nämlich nach der Ansicht des Hrn. Verf. nicht vorhanden sein, wenn die Formveränderungen durch elektrische Compression erzeugt wären; es müſste in Folge der Verschiedenheit der Leitungsfähigkeiten der beiden Glassorten die Volumenzunahme beim Thüringer Glas gröſser sein als beim Flintglas. Um den Grad der Uebereinstimmung beurtheilen zu können theile ich die zwei folgenden Tabellen mit; dieselben enthalten eine gröſsere Anzahl von Hrn. Quincke beobachteter Wanddicken und Volumendilatationen (aus Tab. 5, S. 176 und Tab. 10, S. 190 entnommen), sowie die von mir auf Grund der von Hrn. Quincke aus jenen Beobachtungen abgeleiteten Gesetzmäſsigkeit, daſs unter sonst gleichen Umständen die Volumendilatationen dem Quadrate der Wanddicken umgekehrt proportional sind, berechneten Volumendilatationen für die Wanddicke 1.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; download unter www.zobodat.at

Tabelle I.

Wanddicke in mm	6 Leydener Flaschen m. Elektr.-menge 20		6 Leydener Flaschen m. Elektr.-menge 10	
	Volumenänderung $\frac{\Delta v}{v} \cdot 10^6$	Volumenänderung $\frac{\Delta v}{v} \cdot 10^6$ für die Wanddicke = 1 mm	Volumenänderung $\frac{\Delta v}{v} \cdot 10^6$	Volumenänderung $\frac{\Delta v}{v} \cdot 10^6$ für die Wanddicke = 1 mm
Englisches Flintglas.				
0,142	9,865	0,199	2,984	0,060
0,207	9,036	0,387	2,669	0,115
0,258	6,491	0,432	2,300	0,153
0,321	5,234	0,539	1,579	0,163
0,297	5,425	0,479	1,600	0,141
0,271	4,533	0,333	1,589	0,117
0,319	3,631	0,369	1,154	0,117
0,286	3,258	0,267	—	—
0,346	3,149	0,377	0,940	0,112
0,407	0,866	0,144	0,287	0,048
0,591	0,273	0,095	0,069	0,024
Thüringer Glas.				
0,220	11,69	0,566	3,532	0,171
0,238	5,010	0,284	1,327	0,075
0,283	3,994	0,320	0,610	0,049
0,294	5,459	0,472	1,746	0,152
0,494	2,102	0,512	—	—
0,590	2,471	0,860	1,304	0,452
0,700	0,755	0,370	—	—

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; download unter www.zobodat.at

Tabelle II.

Wanddicke in mm	Schlagweite = 1 mm		Schlagweite = 2 mm	
	Volumenänderung $\frac{\Delta v}{v} . 10^6$	Volumenänderung $\frac{\Delta v}{v} . 10^6$ für die Wanddicke = 1 mm	Volumenänderung $\frac{\Delta v}{v} . 10^6$	Volumenänderung $\frac{\Delta v}{v} . 10^6$ für die Wanddicke = 1 mm
Englisches Flintglas.				
0,142	2,883	0,058	10,67	0,215
0,203	1,756	0,073	7,440	0,307
0,258	1,310	0,087	3,960	0,263
0,271	0,980	0,072	3,014	0,221
0,286	0,739	0,060	2,662	0,217
0,319	0,604	0,062	1,971	0,201
0,346	0,742	0,089	2,042	0,245
0,407	0,149	0,025	0,736	0,122
0,591	0,058	0,020	0,190	0,066
Thüringer Glas.				
0,238	1,131	0,064	4,606	0,261
0,283	0,441	0,035	1,747	0,140
0,294	0,548	0,047	2,299	0,199
0,700	0,102	0,050	0,358	0,175
0,304	6,882	0,636	18,29	1,65

Wenn die oben erwähnte Beziehung zwischen Wanddicke und Volumenänderung in aller Strenge durch die mitgetheilten Zahlen wiedergegeben wäre, und wenn Flintglas und Thüringer Glas wirklich dieselbe Volumendilatation zeigten, so müſsten die in je einer mit „Volumenänderung $\frac{\Delta v}{v} . 10^6$ für die Wanddicke = 1 mm“ überschriebenen Columne enthaltenen Zahlen einander gleich sein.

Ueber den Grad der vorhandenen und der erforderlichen Uebereinstimmung kann man verschiedener Meinung sein; ich glaube aber daſs die obigen Zahlen überhaupt nicht gestatten, daſs man dieselben zu dem von Hrn. Quincke verfolgten Zweck verwendet; denn erstens garantirt die Versuchsmethode des Hrn. Verf. durchaus nicht, daſs bei allen

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; download unter www.zobodat.at

in je einer Abtheilung der obigen Tabellen zusammengestellten Versuchen auch wirklich gleiche Potentialdifferenz der Belegungen vorhanden gewesen ist, und zweitens ist es mir doch sehr fraglich, ob es eine nothwendige Consequenz der Annahme einer elektrischen Compression ist, dafs die Volumenänderungen von Flint- und thüringer Glaskugeln so sehr verschieden ausfallen; da die Gesetze der Vertheilung der Elektricität auf dem Dielektricum und im Innern desselben bis jetzt gänzlich unbekannt sind und ebenfalls nichts Bestimmtes vorliegt über die Gröfse der auftretenden Erwärmung des Dielektricums, so halte ich es mindestens für sehr gewagt die Behauptung aufzustellen, dafs die Formveränderungen der einen Glassorte gröfser sein *müssen* als die einer anderen.

Schliefslich kann die Frage erhoben werden, wie Hr. Quincke die seiner Meinung nach vorhandene Uebereinstimmung in Einklang bringt mit seiner Hypothese einer elektrischen Ausdehnung.

Und nun die letzte Einwendung, die Hr. Quincke auf Grund seiner Beobachtungen an festen Körpern gegen die Annahme einer elektrischen Compression macht.

„Gegen die Annahme einer elektrischen Compression spricht ferner das Verhältnifs von Volumendilatation $\frac{\Delta v}{v}$ und Längendilatation $\frac{\Delta l}{l}$ bei Condensatoren derselben Wanddicke für dieselbe Schlagweite oder Potentialdifferenz beider Belegungen. Eine Vergleichung der Beobachtungen der §§ 11 und 16“ (sowie die in dem folgenden § 28 mitgetheilte Untersuchung über jenes Verhältnifs bei Glascylindern) „zeigt, dafs die Volumendilatation $\frac{\Delta v}{v}$ dreimal gröfser ist als die Längendilatation $\frac{\Delta l}{l}$, unter sonst gleichen Umständen.“

Dafs dieses, meiner Ansicht nach nicht überraschende Resultat gegen die besagte Annahme spricht, kann ich unmöglich zugeben. Auf S. 519 befindet sich folgende, darauf

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; download unter www.zobodat.at

bezügliche Ueberlegung: „Angenommen, die Volumenänderung des Glascylinders rühre von elektrischer Compression her, so wird die mittlere Schicht des Cylinders vom Radius ϱ ungeändert bleiben."

Darauf folgt eine Berechnung, welche zu dem Resultat führt, dafs

$$\frac{\Delta v}{v} = \frac{4}{3} \frac{\Delta l}{l}$$

sein müfste, während die Versuche ergeben:

$$\frac{\Delta v}{v} = 3 \frac{\Delta l}{l}$$

„Es spricht diefs also ebenfalls gegen die Annahme einer Ausdehnung durch elektrische Compression."

Wir finden somit auch hier wieder die willkürliche Voraussetzung über das Verhalten der mittleren Schicht; es ist folglich an dieser Stelle dasselbe zu wiederholen, was oben bei der Besprechung des ersten Einwandes gesagt worden ist. Dadurch wird aber meines Erachtens auch dieser letzte Einwand hinfällig.

Es sei mir zum Schlufs gestattet zu bemerken, dafs ich nicht recht einzusehen vermag, wie Hr. Quincke zu der Aufstellung des für seine Hypothese allerdings wichtigen Satzes S. 515 gelangt:

„Das Resultat $\left(\frac{\Delta v}{v} = 3 \frac{\Delta l}{l}\right)$ ist insofern überraschend, als daraus folgen würde, dafs die Ausdehnung des Glases durch elektrische Kräfte wie die Ausdehnung durch die Wärme nach allen Richtungen gleichmäfsig erfolgt, unabhängig von der Richtung der wirkenden elektrischen Kräfte."

Es ist doch mit $\frac{\Delta v}{v}$ immer die relative Zunahme des von den Condensatoren eingeschlossenen Hohlraumes bezeichnet und nicht etwa die relative Volumenzunahme des Glases; es müfste meiner Meinung nach doch wohl erst durch Versuche gezeigt werden, dafs zwischen der zuletzt genannten Volumenzunahme und der Längenzunahme die angegebene Beziehung bestünde, wenn man zu dem obigen Satz gelangen will. Das

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; download unter www.zobodat.at

ist aber nirgendwo geschehen, es ist nicht einmal nachgewiesen, dafs die Glaswand überhaupt dicker wird unter dem Einflufs der elektrischen Kräfte.

In Bezug auf die Erklärung der beobachteten Volumenänderungen durch Temperaturerhöhung der Glaswand verhält sich Hr. Quincke weniger ablehnend. Auf S. 179 heifst es :

„Der etwas geringere Werth der Senkung“ (der Volumenvermehrung des Thermometercondensators) „bei Quecksilber als bei Wasser könnte von der besseren Wärmeleitung der ersteren Flüssigkeit herrühren. Wenn nämlich die Ausdehnung der Glaswand der Thermometerkugel von der Wärme herrührte, die der schwache Entladungsstrom der Leydener Batterie in der Glaswand von grofsem elektrischem Leitungswiderstand entwickelt, so müfste — — — — — — — — — — — — — — — die Volumenänderung der Thermometerkugel bei Füllung mit Wasser gröfser als bei Füllung mit Quecksilber sein; bei dünner Glaswand auffallender, als bei dicker Glaswand, wie es in der That die Versuche ergeben.“

Allerdings wird auf S. 183 aus dem gleichen Verhalten eines mit Wasser gefüllten, aufsen versilberten Thermometercondensators, wenn derselbe das eine Mal mit Luft, das andere Mal mit Wasser umgeben ist, geschlossen, dafs die Volumenänderung nicht wohl von einer Erwärmung der Glaswand herrühren könne. Aehnliche Beobachtungen mit einem Glasfadencondensator S. 384 führen Hrn. Quincke zu demselben Resultat, trotzdem die darauf bezügliche Tabelle 17 zeigt, dafs die Formveränderungen eines mit Luft umgebenen Glasfadencondensators immer gröfser sind als die eines solchen, welcher mit Wasser umgeben ist, und jene Beobachtungen folglich eher für als gegen das Vorhandensein einer Erwärmung der Glaswand sprechen. Ich gebe hier die Tabelle 17 wieder :

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; download unter www.zobodat.at

Gerader Flintglasfaden innen und aufsen versilbert.

Flaschenzahl	Elektricitäts-menge	Verlängerung in Milliontel der ursprünglichen Länge	
		in Luft	in Wasser
6	10	0,99	0,81
„	20	2,80	2,39
„	30	5,71	4,41
3	5	0,72	—
„	10	2,17	1,99
„	15	4,41	3,69
„	20	—	5,86

Nach meiner Ansicht findet bei den Versuchen mit festen Körpern sowohl eine elektrische Compression als eine Erwärmung des Dielektricums statt; wir sind aber ganz und gar im Unklaren über die Frage, welchen Antheil die eine oder die andere Ursache an der Erscheinung hat, da die Gesetze beider bis jetzt unbekannt sind.

Die Versuche, welche Hr. Quincke über die durch Elektricität bewirkte Volumenänderung von Flüssigkeiten angestellt hat, haben zu einem höchst auffälligen und interessanten Resultat geführt: eine gröfsere Anzahl von Flüssigkeiten verhält sich derartig, dafs die beobachtete Volumenänderung durch eine den Durchgang der Elektricität begleitende Erwärmung erklärt werden könnte; dagegen findet bei Rüböl und Mandelöl eine Volumencontraction statt, welche selbstverständlich nicht mit der Annahme einer Temperaturerhöhung der Flüssigkeit vereinbar ist; Schwefeläther und Olivenöl zeigen das eine Mal eine Vermehrung, das andere Mal eine Verminderung des Volumens; die zuletzt genannten Flüssigkeiten verhalten sich überhaupt ganz unregelmäfsig.

Es ist begreiflich, dafs Hr. Quincke diese Beobachtung als eine besonders starke Stütze für seine Hypothese betrachtet.

Im vergangenen Winter habe ich in Anschlufs an meine Untersuchung über die elektrische Doppelbrechung eine Reihe

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; download unter www.zobodat.at

von Versuchen über das Verhalten von Flüssigkeiten unter dem Einflufs von elektrischen Kräften angestellt, welche nicht zu demselben Resultat führten, zu welchem jetzt Hr. Quincke gelangt. Da unsere Versuchsmethoden etwas verschieden waren, so habe ich sofort nach Kenntnifsnahme von der Quincke'schen Arbeit die Versuche mit einem Apparat wiederholt, welcher dem des Hrn. Quincke nachgebildet war. Aber auch mit diesem Apparat ist es mir nicht möglich gewesen bei Rüböl und Mandelöl eine elektrische Contraction nachzuweisen.

Da ich möglichst sorgfältig experimentirte und selbstverständlich dasselbe von Hrn. Quincke voraussetze, so liegt ein Widerspruch vor, den ich nicht zu lösen vermag; derselbe veranlafst mich im Folgenden meine Versuche in ausführlicher Weise mitzutheilen.

Der erste von mir benutzte Apparat ist in Fig. 1 abgebildet. Derselbe besteht aus einer 10 cm weiten und circa 20 cm hohen Glasglocke, die durch eine 0,7 cm dicke Spiegelglasplatte verschlossen ist; die letztere war der eingefüllten Flüssigkeit entsprechend mit Hausenblase oder Canadabalsam aufgekittet. Die Mitte der Spiegelglasplatte ist durchbohrt und trägt ein Glasrohr, das sich bei *a* verzweigt; der eine Zweig geht vertical aufwärts und kann durch einen Glashahn verschlossen werden; der andere ist bei *b* zu einer ungefähr 0,03 cm weiten Röhre ausgezogen. — Die Füllung geschieht durch einen Trichter mit langem und engem Stiel, der bei *c* aufgesetzt wird; der Stiel geht bis in die Glocke hinein. Nachdem die Glocke und die Ansatzröhren vollständig gefüllt und alle Luftblasen sorgfältig entfernt sind, wird der Trichter abgenommen und dafür ein Kautschukschlauch aufgesetzt; indem man das Ende des Kautschukschlauches in den Mund nimmt, kann man durch Saugen resp. Blasen den Stand des Niveau der Flüssigkeit in dem Schenkel *ab* passend ändern; wenn dasselbe sich ungefähr in der Mitte des engen Theils der Glasröhre befindet, wird der Hahn geschlossen.

Die Flüssigkeitskuppe im engen Glasrohr wurde meistens

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; download unter www.zobodat.at

mit einem stark vergröfsernden Fernrohr beobachtet; indessen habe ich auch verschiedene Male ein Mikroskop mit Ocularmikrometer benutzt.

Der beschriebene Apparat stand auf einem Holzklotz und war bis zum Hahn ganz von Sägespähnen umgeben; die Temperatur des Beobachtungsraumes wurde möglichst constant gehalten, und kein Versuch wurde angestellt, so lange die Flüssigkeitskuppe im engen Glasrohr ihren Stand noch merklich änderte.

Um auf die Flüssigkeit und zwar auf einen möglichst grofsen Theil derselben elektrische Kräfte wirken zu lassen, befindet sich in der Glasglocke ein Condensator (vgl. die Zeichnung). Die eine mit der Elektricitätsquelle in Verbindung stehende Belegung wird durch achtzehn äquidistante, kreisrunde Zinkscheiben (Durchmesser 5,5 cm) gebildet, die in ihren Mittelpunkten auf einem starken, geraden Neusilberdraht festgelöthet sind (Abstand der Platten 0,8 cm). Die andere mit der Erde verbundene Belegung besteht ebenfalls aus kreisrunden Zinkplatten, von denen jedesmal eine genau zwischen zwei aufeinander folgenden Platten der ersten Belegung liegt. Durch kreisförmige Ausschnitte (Durchmesser 1,5 cm) in der Mitte der Platten der zweiten Belegung wird erreicht, dafs dieselben den Neusilberdraht nicht berühren; unter einander und mit der Erde sind diese Platten durch zwei seitlich angebrachte Neusilberdrähte verbunden; kleine an den Platten befindliche vorstehende Läppchen sind zu diesem Zweck an den Neusilberdrähten festgelöthet.

In welcher Weise die Verbindung der Belegungen mit der Elektricitätsquelle resp. mit der Erde hergestellt wurde, geht zur Genüge aus der Zeichnung hervor. Die für den Austritt der Neusilberdrähte benöthigten Durchbohrungen in der Glasplatte werden durch runde Metallscheibchen und zwischengelegte Lederscheibchen, sowie durch je eine Druckschraube geschlossen. Derjenige Neusilberdraht, welcher zur Elektricitätsquelle führt, wird durch ein auf die Glasplatte aufgekittetes Glasrohr von den den Apparat umgebenden Sägespähnen isolirt.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; download unter www.zobodat.at

In Anbetracht des relativ grofsen Abstandes der Condensatorscheiben von der Wand der starkwandigen Glasglocke hielt ich es für überflüssig, die letztere besonders, etwa durch ein zur Erde abgeleitetes, den Condensator umgebendes Drahtgewebe gegen elektrische Einflüsse zu schützen.

Die Flüssigkeiten, welche nacheinander mit diesem Apparat untersucht wurden, waren: Schwefelkohlenstoff, Rüböl und Wasser.

Das Elektrisiren geschah in der mannigfachsten Weise: 1) durch directe metallische Verbindung mit dem Conductor einer kräftigen Reibungselektrisirmaschine, welche entweder stofsweise oder continuirlich, langsam oder rasch gedreht wurde; 2) in derselben Weise, nur mit dem Unterschied, dafs eine Funkenstrecke von variabeler Länge zwischen Conductor und Condensator eingeschaltet wurde; 3) durch Verbindung mit der inneren Belegung einer geladenen Batterie von veränderlicher Flaschenzahl und von veränderlicher Stärke.

Mochte nun der Condensator in der einen oder in der anderen Weise geladen werden, immer fand ich bei Schwefelkohlenstoff und Rüböl eine Volumenvermehrung, welche in demselben Augenblick anfing, wo die Elektricität auf den Condensator überging und so lange dauerte, bis der Condensator nicht mehr merklich geladen war, bis keine merkliche Menge Elektricität durch die Flüssigkeit ging. Wurde der Condensator plötzlich entladen, so hörte auch sofort die Volumenvermehrung auf und der Stand der Flüssigkeitskuppe änderte sich nicht merklich.

Wasser von nahezu 10 bis 12° C. verhielt sich im Wesentlichen gerade so, nur mufste die Ladung des Condensators durch Berührung mit einer geladenen Batterie geschehen; bei einfacher Verbindung des Condensators mit der Elektrisirmaschine war keine Wirkung zu beobachten; die relativ gute Leitungsfähigkeit des Wassers verhindert im letzteren Fall das Zustandekommen einer erheblichen Potentialdifferenz der Belegungen.

Der ganze Verlauf der Erscheinung entsprach so durchaus der Annahme, dafs die Volumenvermehrung durch eine

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; download unter www.zobodat.at

durch Elektricität erzeugte Erwärmung der Flüssigkeiten entstanden sei, dafs ich ohne Bedenken diese naturgemäfse und zunächst liegende Erklärung als die richtige ansah.

Bei der zweiten nach der Veröffentlichung der Quinckeschen Arbeit von mir unternommenen Untersuchung wurde der folgende Apparat benutzt (Fig. 2).

Ein 3 cm weites, ungefähr 8 cm hohes cylindrisches Glasgefäfs ist oben mit einem Hals und einem Trichter versehen; in den Hals pafst ein gut eingeschliffenes 0,5 cm weites und 13,5 cm langes Glasrohr, an dessen oberem Ende ein 0,4 cm weites, 6 cm langes Capillarrohr angeschmolzen ist.

In halber Höhe des Cylinders sind in diametraler Stellung zwei Platindrähte eingeschmolzen, welche im Innern des Gefäfses je eine rechteckige, 1,5 cm breite und 4,5 cm hohe Platinplatte tragen; der Abstand der parallelen Platten beträgt ungefähr 1,5 cm. Die aus dem Cylinder herausragenden Enden der Drähte tauchen in Quecksilber, welches die angeschmolzenen 22 cm langen Glasröhren ausfüllt; die eine Quecksilbersäule wurde mit der Elektricitätsquelle, die andere mit der Erde in Verbindung gesetzt.

Die Füllung des Apparats mit der zu untersuchenden Flüssigkeit geschah in einfacher Weise, welche wohl nicht beschrieben zu werden braucht; es ist nur zu bemerken, dafs die eingeschliffene Glas- und Capillarröhre immer mit derselben Flüssigkeit gefüllt war, welche sich auch im Gefäfs befand.

Um den Apparat gegen Wärmezufuhr von Aufsen zu schützen wurde derselbe in eine umgestülpte, mit destillirtem Wasser gefüllte Glasglocke gebracht und diese durch einen grofsen Kork verschlossen; die drei Glasröhren gingen selbstverständlich durch den Kork hindurch. Durch diese Einrichtung gewinnt der Apparat an Handlichkeit und man braucht nicht zu befürchten, dafs die eingeschliffene Glasröhre gelockert werde beim Einsetzen des ganzen Apparats in ein recht grofses Gefäfs, welches mit einem Gemisch von fein gestofsenem Eis und destillirtem Wasser gefüllt war.

Mit der gröfsten Sorgfalt wurde darauf Acht gegeben, dafs die Temperatur vor einer Beobachtung auch wirklich

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; download unter www.zobodat.at

überall im Apparat 0° betrug; erst viele Stunden nach dem Einsetzen des Apparates in das Eiswasser und nach öfterem Schütteln war diefs erreicht. Da nämlich einige der untersuchten Flüssigkeiten sehr schwerflüssig und die Wärme schlecht leitend sind, so könnte es sonst vorkommen, dafs etwa in der Mitte der Flüssigkeit eine etwas höhere Temperatur als 0° vorhanden wäre und nun beim Durchleiten der Elektricität, welches eine heftige Bewegung der Flüssigkeit zur Folge hat, diese wärmeren Theile mit der kalten Wand in Berührung kämen; dadurch würde dann eine Temperaturerniedrigung und eine Volumenabnahme der Flüssigkeit entstehen, welche die eigentliche Beobachtung fälschen würde.

Die Glaswand des Apparates wurde absichtlich recht dick gewählt, um dem Einwand zu begegnen, dafs möglicherweise die wahrgenommenen Volumenänderungen wenigstens zum Theil von einer Einwirkung der Elektricität auf die Glaswand herrühren, dafs m. a. W. der Apparat als Thermometercondensator functionirt hätte. Es bildet doch das den Apparat umgebende Wasser eine äufsere Belegung und bei der schlechten Leitungsfähigkeit der Flüssigkeit und dem geringen Abstand der Platinplatten von der Wand könnte eine Condensation von Elektricität auf die Glaswand stattfinden.

Der Stand der Flüssigkeit in dem blofs um ungefähr 3 cm aus dem Eiswasser hervorragenden Capillarrohr wurde mit einem horizontal aufgestellten, mit Ocularmikrometer versehenen Mikroskop beobachtet.

Untersucht wurden: Schwefelkohlenstoff, Rüböl, Mandelöl und Wasser.

Das Resultat der Untersuchung entspricht vollständig dem mit dem ersten Apparat gefundenen. Rüböl und Mandelöl verhalten sich im Wesentlichen wie Schwefelkohlenstoff und Wasser; bei der letzten Flüssigkeit fand in Uebereinstimmung mit der Voraussetzung, dafs eine Erwärmung der Flüssigkeit durch die Elektricität erzeugt werde und der Temperatur von 0° entsprechend eine Volumenverminderung statt.

Niemals habe ich etwas anderes gefunden, wie oft die Versuche auch wiederholt wurden und in wie verschiedener

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; download unter www.zobodat.at

Weise die Elektrisirung auch vorgenommen wurde. Auch der Charakter der Erscheinung stimmt vollständig mit der Annahme überein, dafs blofs eine Erwärmung der Flüssigkeit stattgefunden habe.

Nach dem was oben mitgetheilt worden ist, wird es begreiflich sein, dafs ich meine Versuche und Berechnungen über die durch Elektricität bewirkte Form- und Volumenveränderungen von dielektrischen Körpern nicht früher und auch jetzt nur zum kleineren Theil veröffentlicht habe.

Zum Schlufs möchte ich denjenigen Fachgenossen, welche vielleicht eine elektrische Deformation eines festen Körpers zu sehen wünschen, ohne dieselbe messend verfolgen zu wollen, folgenden Versuch empfehlen, den ich im Jahr 1876 angestellt und bei Gelegenheit der Naturforscherversammlung zu Baden-Baden (1879) unter anderen mitgetheilt habe *). Ein ungefähr 16 cm breiter und 100 cm langer, rechteckiger Streifen aus dünnem, rothem Kautschuk wird oben und unten zwischen je zwei Holzleistchen festgeklemmt; die obere Klemme wird an irgend einem Arm oder Haken so befestigt, dafs das Kautschukband frei herunterhängt; an die untere Klemme werden Gewichte gehängt, welche den Streifen ungefähr auf die doppelte Länge ausdehnen. Nachdem man gewartet hat, bis die elastische Nachwirkung unmerklich geworden ist, beobachtet man den Stand des unteren Endes des Streifens, etwa an einer daneben aufgestellten Papierscala und läfst nun den Kautschuk von einem Gehülfen elektrisiren. Der Gehülfe hält zu diesem Zweck in jeder Hand einen isolirten Spitzenkamm, von denen der eine mit der positiven, der andere mit der negativen Elektrode einer kräftigen Holtz'schen Maschine in leitender Verbindung steht; zwischen den parallel gehaltenen Kämmen hängt das Kautschukband, dasselbe wird aber nicht von den Spitzen berührt. Indem nun der Gehülfe etwa am oberen Ende anfängt und allmählich mit beiden Kämmen

*) Röntgen, Tageblatt der 52. Versammlung, S. 184 (1879).

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; download unter www.zobodat.at

herunterfährt, wird ein immer gröſserer Theil des Kautschuks elektrisirt; dem entsprechend beobachtet man eine fortwährende Längenzunahme des Bandes, welche schlieſslich, wenn der ganze Streifen elektrisirt ist, mehrere Centimenter beträgt. Da trockener Kautschuk ein guter Isolator ist, dauert diese Verlängerung längere Zeit. Dieselbe kann aber, wenigstens zum gröſseren Theil aufgehoben werden, indem man den Streifen entladet, was in ähnlicher Weise geschieht wie das Laden; nur müssen jetzt beide Kämme zur Erde abgeleitet sein.

Auch Hr. Quincke hat (1880) ähnliche Versuche veröffentlicht und glaubt aus denselben schlieſsen zu dürfen, daſs die Elasticität der festen Körper durch elektrische Kräfte geändert werde; ich halte eine solche Schluſsfolgerung wiederum für sehr gewagt und habe nach einer Prüfung der Quinckeschen Versuche keine Veranlassung gefunden, diese Auffassung zu der meinigen zu machen; da ich jedoch befürchte, daſs der vorliegende Aufsatz eine zu groſse Ausdehnung erhalten würde, so möchte ich die Mittheilung der Motive zu meinem ablehnenden Verhalten unterlassen.

Gieſsen, September 1880.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; download unter www.zobodat.at

Fig. 1.

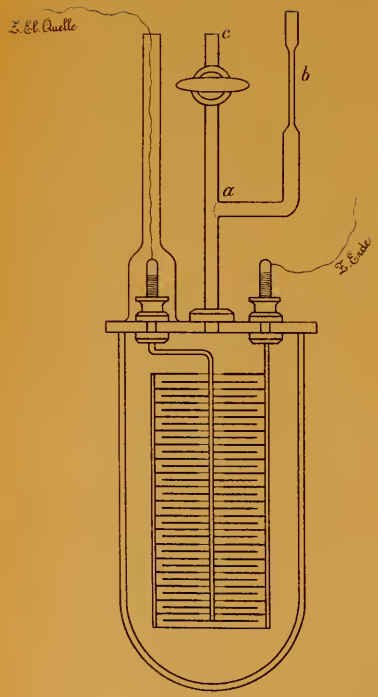
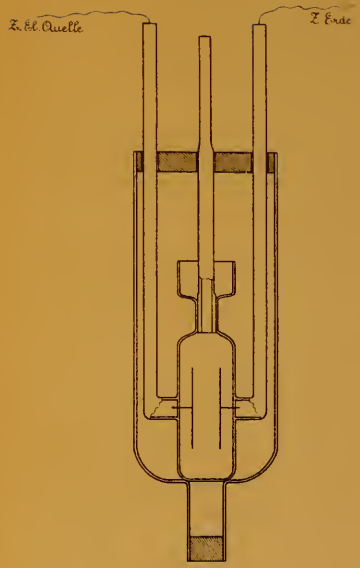


Fig. 2.



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Bericht der Oberhessischen Gesellschaft für Natur- und Heilkunde

Jahr/Year: 1881

Band/Volume: 20

Autor(en)/Author(s): Röntgen Wilhelm Conrad

Artikel/Article: Ueber die durch Elektricität bewirkten Form- und Volumenänderungen von dielektrischen Körpern. 1-18