

Experimental-Untersuchungen über Dielektrica

von

Dr. **Gustav Benischke.**

(Mit 1 Textfigur.)

Aus dem physikalischen Institute der k. k. Universität in Innsbruck.

(Vorgelegt in der Sitzung am 13. April 1893.)

Die vorliegende Arbeit enthält in ihrem ersten Theile die Bestimmung der Dielektricitätsconstanten einiger fester Körper, in ihrem zweiten Theile die Untersuchung des Einflusses von Wechselströmen auf jene Grössen. Dieser zweite Theil bildete eigentlich den Ausgangspunkt meiner Arbeit. Die Empfindlichkeit der dabei verwendeten Methode hat mich dann bewogen, die Bestimmung der Dielektricitätsconstanten selbst vorzunehmen. Ich gehe daher zunächst an die Beschreibung und Discussion dieser Methode.

Methode.

Zur vorliegenden Untersuchung wurde die von Lecher¹ abgeänderte Gordon'sche Methode verwendet, die auf der Abgleichung zweier Condensatoren — des mit dem betreffenden Dielektricum versehenen mit einem Luftcondensator — mittelst des Quadrantenelektrometers beruht.

Da das hiesige Institut den Wechselstrom des Elektrizitätswerkes Innsbruck zur Verfügung hat, so wurde auf Anregung von Herrn Prof. Lecher dieser, statt der Entladungen des Ruhmkorff'schen Inductoriums verwendet. Diese Methode hat sich dann im Laufe der Untersuchung so vortheilhaft ge-

Lecher, diese Berichte, 99 (2 α), S. 480, 1890.

staltet, dass ich die dabei gemachten Erfahrungen für mittheilenswerth halte. Da sich die Spannung des Wechselstromes (etwa 105 Volt) zur Erreichung der gewünschten Empfindlichkeit als zu gering erwies, wurde er mit Hilfe eines gewöhnlichen Inductoriums, bei dem Unterbrecher und Condensator ausgeschaltet waren, auf höhere Spannung transformirt.

ab ist die Wechselstromleitung, die durch die primäre Wickelung *cd* geht. *ef* ist die secundäre Wickelung, deren ein Ende zur Erde abgeleitet ist, während sich das andere zu den Collectorplatten der beiden Condensatoren *C* und *C'* hin verzweigt. Die beiden Condensatorplatten sind mit je einem Quadrantenpaar des Elektrometers verbunden; die Nadel desselben ist zur Erde abgeleitet.

Haben die beiden Condensatoren gleiche Capacität, so muss sich die Nadel auf den Nullpunkt einstellen.

Bei allen bisherigen Bestimmungen der Dielektricitätsconstan-

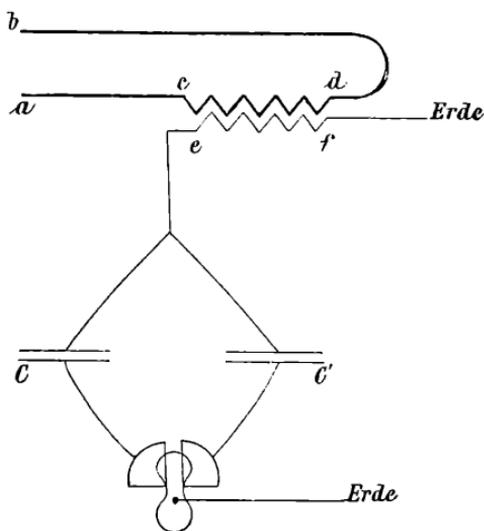


Fig. 1.

ten ist das Bestreben vorherrschend, die Dauer der Ladung, der das Dielektricum unterworfen wird, möglichst zu verkürzen. Man ging dabei von der Thatsache aus, dass jedes Dielektricum — mit Ausnahme eines idealen — eine mit wachsender Ladungsdauer steigende Ladung annimmt. Dies suchte man durch möglichst rasch aufeinanderfolgende Ladung und Entladung des Condensators zu vermeiden, was aber dadurch nur zum Theile erreicht wird. Denn wenn das Dielektricum überhaupt eine mit der Zeit wachsende Ladung annimmt, so wird eine darauf folgende, kurz dauernde Entladung des Condensators nicht die gesammte Ladung aus dem Dielektricum entfernen. Und je kürzer die Entladungszeiten sind, desto grösser werden die zurückbleiben-

den Reste sein, die sich summiren. Allerdings kann man die einzelnen Summanden durch Verkürzung der Ladungszeit immer kleiner machen; dadurch wächst aber gleichzeitig die Zahl der Summanden.

Dieser Übelstand wird auch bei Verwendung der elektrischen Schwingungen eines Inductionsapparates nicht gänzlich beseitigt, da dabei doch auch einseitige Ladung stattfindet. Verwendet man hingegen gleichmässig verlaufende Wechselströme, wie sie eine Wechselstrommaschine liefert, so folgt auf jede Ladung eine ganz gleichartig entgegengesetzte. Wenn daher das Dielektricum überhaupt Ladungen aufnimmt, so wird es in diesem Falle gleichartige Schichten positiver und negativer Elektricität enthalten, deren Gesamtwirkung nach aussen Null ist.

Aus demselben Grunde erscheint auch jede Rückstandsbildung vermieden, mag man sie nun als die eben besprochenen restlichen Ladungen, oder als »dielektrische Nachwirkung« auffassen.

Die Richtigkeit dieser Anschauung scheinen mir auch die Messungen an dem im dritten Abschnitte zu beschreibenden künstlichen Dielektricum zu beweisen.

Diesen günstigen Verhältnissen ist es auch zuzuschreiben, dass die Dielektricitätsconstanten einer Parafinplatte bei beiderseits angepressten Condensatorplatten und bei Vorhandensein einer Luftschichte sich um nicht mehr als die gewöhnlichen Beobachtungsfehler unterscheiden. Jedoch wurden die Beobachtungen immer nach der zweiten Art vorgenommen, weil das vollständige Anliegen der Condensatorplatten nur schwer zu erreichen ist, und der Abstand der Platten dann doch nicht der Dicke des Dielektricums gleich ist.

In jüngster Zeit hat man in dem Bestreben, die Ladungszeiten zu verkürzen, zu Hertz'schen Schwingungen gegriffen. Diese Messungen weisen aber so verschiedene Resultate auf, dass man zu dem Schlusse gelangen muss, dass die Ladungsdauer viel weniger von Bedeutung ist, als andere Fehlerquellen, deren Ursachen insbesondere bei diesen Methoden noch gänzlich unbekannt sind. So erhielt Lecher¹ für die Dielektricitäts-

¹ Lecher, l. c.

constante des Glases Werthe von 6 bis 7 bei $3 \cdot 10^{-7}$ Secunden Schwingungsdauer, dagegen einen Werth von 5 bei Anwendung eines Ruhmkorff'schen Inductoriums mit $5 \cdot 10^{-4}$ Sec. Schwingungsdauer. Perot¹ erhielt bei Schwingungsdauern von etwa $9 \cdot 10^{-8}$ Sec. einen Werth von $6 \cdot 1$, während er bei Ladungsdauern von $0 \cdot 02$ — $0 \cdot 004$ Sec. den Werth $5 \cdot 8$ — gemessen mittelst des ballistischen Galvanometers — bekam. Andererseits erhielt Perot bei fortgesetzter Verkleinerung der Schwingungsdauer bis etwa $7 \cdot 10^{-9}$ auch eine Verkleinerung der Dielektricitätsconstante bis zum Werthe $2 \cdot 7$. Denselben Werth erhielten J. J. Thomson² und Blondlot³ schon bei einer Schwingungsdauer von etwa $2 \cdot 10^{-7}$ Sec. Endlich haben schon frühere Beobachter⁴ und jetzt auch ich für verschiedene Glassorten Werthe von 3 und 4 gefunden bei Ladungsdauern, die viele tausendmal grösser sind als jene, bei denen Lecher und Perot Werthe von 6 bis 7 und 6 erhielten.

Es ergibt sich daraus, dass bei den Bestimmungen der Dielektricitätsconstanten mittelst Hertz'scher Schwingungen Umstände auftreten, die bis jetzt noch nicht zu übersehen sind, und dass der Ladungsdauer nicht jener Einfluss zuzukommen scheint, der ihr bisher zugeschrieben wurde.

Ich kehre zur Beschreibung meiner Methode zurück.

Die Bestimmung der Dielektricitätsconstante durch Vergleichung zweier Condensatoren hat den Vortheil, dass man von Potentialschwankungen unabhängig ist und dass bei günstig gewählten Verhältnissen die Randcorrectur aus der Messung herausfällt. Um das zu erreichen, dürfen die Abstände der Condensatorplatten nicht zu gross genommen werden und jener Condensator, der das zu untersuchende Dielektricum aufnimmt, wird eine etwas kleinere Fläche erhalten müssen, als der Luftcondensator, damit bei gleicher Capacität die Abstände der Platten beider Condensatoren nahezu gleich sind. Ferner muss die dielektrische Platte genau so gross sein, als die Con-

¹ Perot, C. R. 115, S. 166, 1892.

J. J. Thomson, Proc. Roy. Soc. 46, 1889. Physik. Revue 1892, S. 120.

³ Blondlot, J. de phys. (2), 10, 1891. Physik. Revue 1892, S. 127.

⁴ Winkelmann, Handbuch, III, 1, S. 77.

densatorplatten. Wäre sie grösser, so wäre auch die Randcorrectur nicht gleich der des Luftcondensators und müsste die Dielektricitätsconstante so beeinflussen, dass sie bei der Berechnung aus der Capacität zu gross erscheint. Ich habe mich experimentell davon überzeugt und bei herausragenden Platten um 1 bis 2 Procente grössere Werthe erhalten. Dieser Einfluss ist öfter übersehen worden; so auch von Gordon und in letzter Zeit noch von O. Werner.¹

Der Durchmesser des Luftcondensators beträgt 179.9 mm , der des anderen Condensators und der dielektrischen Platten 161.0 mm .

Die Entfernung der Condensatorplatten konnte durch Stellschrauben genau regulirt, und durch Einschieben eines flachen Metallkeiles bestimmt werden. Bei einiger Übung erreicht man damit eine vollständig hinreichende Genauigkeit. Die Dicke des in diesen Condensator einzuschiebenden Dielektricums wurde mittelst einer in einem Metallrahmen befindlichen Mikrometerschraube an 20 bis 30 Stellen bestimmt und daraus das Mittel genommen.

Der Luftcondensator besass eine an einer sicheren Führung verschiebbare Platte und konnte durch eine Mikrometerschraube, die noch 0.0005 mm zu schätzen gestattete, dem anderen Condensator an Capacität genau gleich gemacht werden.

Die Ablesung der Stellung der Elektrometernadel geschah nach einer im hiesigen Institute bereits erprobten objectiven Methode in folgender Weise: Durch den kleinen Hohlspiegel des Elektrometers wurde das Bild des glühenden Fadens einer Glühlampe auf eine etwa 2 m entfernte durchsichtige Millimetertheilung geworfen und konnte hier mit grosser Genauigkeit und ohne die Augen zu ermüden, abgelesen werden. Besonders für Nullmethoden leistet diese Art der Ablesung dasselbe, wie die subjective mit dem Fernrohre und hat den Vortheil der Übersichtlichkeit und Sichtbarkeit von beliebigen Orten aus.

Da bei der hier verwendeten Schaltung weder Nadel noch Quadranten des Elektrometers eine constante Ladung besassen,

war dasselbe für kleine Potentiale sehr unempfindlich. Das hat den Vortheil, dass kleine äussere Ladungen keinen Einfluss haben und die Nadel des Elektrometers keine Schwankungen macht.

Von Wichtigkeit ist eine gute Isolirung aller Drähte und Apparate, insbesondere wegen der höheren Spannungen, die bei den im 3. Abschnitte mitgetheilten Versuchen angewendet wurden.

Ein anderer wohl zu beachtender Umstand ist der, dass sich die Condensatoren nicht in der Nähe guter Leiter befinden dürfen. Darauf wurde ich bei meinen ersten Versuchen aufmerksam, wo ich bemerkte, dass die Hand, die sich der Mikrometerschraube näherte, einen kleinen Ausschlag verursachte. Die Hand kam dabei zu nahe an den Rand des Condensators, und es wurden daher Kraftlinien in die Hand hineingezogen, die sonst zwischen den beiden Condensatorplatten verlaufen. Ich musste daher den Condensator in grösserer Entfernung von der Mikrometerschraube anbringen. Ausserdem arbeitete ich mit möglichst kleinen Abständen der Condensatorplatten (Max. 4 *mm*), so dass jener Einfluss ganz beseitigt wurde.

Auf diesen Umstand hat in letzter Zeit auch Cohn¹ aufmerksam gemacht bei Besprechung der Methoden von Winkelmann² und Tscheglajew³, welcher letzterer für die Dielektricitätsconstante des Wassers die merkwürdige Zahl 1.75 gefunden hat. Bei beiden Methoden bestehen die beiden Condensatoren zusammen aus 3 Platten. Bei der ersten wird die mittlere Platte mittelst eines Inductoriums geladen, während die beiden äusseren durch ein Telephon verbunden sind. Bei Gleichheit der Capacitäten ist der Ton im Telephon ein Minimum. Bei der zweiten Methode sind beide äusseren Platten mit dem Inductorium verbunden. Die mittlere Platte ist durch einen an einer Stelle unterbrochenen Kohlenfaden einer Glühlampe mit der Erde verbunden. Sind die Condensatoren ungleich, so treten an der Unterbrechungsstelle des Kohlenfadens Lichterscheinungen auf; bei Gleichheit der Condensatoren nicht mehr. Cohn

¹ Cohn, Wied. Ann., 46, S. 135, 1892.

² Winkelmann, Wied. Ann., 38, S. 161, 1890.

³ Tscheglajeff, Wied. Beibl. 15, S. 651.

glaubt nun darin einen Grund für den auffälligen Werth, den Tscheglajew für Wasser erhielt, zu finden, dass die mittlere Platte nicht direct zur Erde abgeleitet war, wesshalb die Kraftlinien statt zwischen den Platten auch anderseits verlaufen können. Aber selbst wenn dieser Umstand ganz übersehen worden wäre, könnte man daraus nicht die grosse Abweichung von den Werthen anderer Beobachter erklären. Die betreffende Arbeit selbst ist leider nicht zugänglich.

Donle¹ verwendet ebenfalls einen Ruhmkorff'schen Inductor zur Ladung des Condensators, verbindet die zweite Platte desselben durch ein Elektrodynamometer mit der Erde und vergleicht die Capacität desselben Condensators bei Luft und bei einem anderen Dielektricum, indem er durch Veränderung der Plattendistanz gleiche Ausschläge des Dynamometers herstellt. Abgesehen von den Störungen, denen ein zu diesem Zwecke genug empfindliches Dynamometer ausgesetzt ist, ist man dabei von den Potentialschwankungen des Inductoriums abhängig, weil die Ladung der zu vergleichenden Condensatoren nicht gleichzeitig erfolgt.

Nach alledem scheinen die Methoden von Gordon² und Schiller³ noch immer die zuverlässigsten zu sein, vor welcher ersterer die hier verwendete Methode nur die Anwendung des Wechselstromes, vor beiden aber die grössere Einfachheit und Bequemlichkeit voraus hat. Mit diesen Messungen stimmen auch die meinen am besten überein.

Was den zur Ladung der Condensatoren verwendeten Wechselstrom anbelangt, so macht derselbe 80 Stromwechsel in der Secunde, also ebensoviele einander entgegengesetzte Ladungen. Durch Veränderung der Stromstärke in der primären Wickelung des Transformators konnte die Spannung des secundären Stromes und damit auch die Stärke des elektrischen Feldes zwischen den Condensatorplatten und die Empfindlichkeit der Methode verändert werden.

Um die Abhängigkeit der mittleren Spannung des secundären Stromkreises von der mittleren Stromstärke des primären

¹ Donle, Wied. Ann., 40, S. 307, 1890.

² Gordon, Wiedemann, Elektrizität, 1883, Bd. II, S. 38.

³ Schiller, Pogg. Ann., 152, S. 555, 1874.

Stromes kennen zu lernen, wurde der Transformator mittelst eines auf eine Waage montirten Schutzringeletrometers geaicht. Ich hatte also durch das in den primären Strom eingeschaltete Ampèrmeter ein Mass für die zur Ladung verwendete Spannung. Zur Messung der Dielektricitätsconstanten wurde eine mittlere Spannung von 180 Volt verwendet.

Die Möglichkeit, das elektrische Feld, in dem sich das Dielektricum befindet, beliebig verändern zu können, gibt ein Mittel an die Hand einen eventuellen Einfluss der Leitungsfähigkeit zu constatiren. Hätte nämlich die dielektrische Platte ein grösseres Leitungsvermögen als die Luftschichte des Luftcondensators, so würde sich bei einer Änderung der Spannung auch eine Änderung der Capacität ergeben. Ich konnte jedoch niemals einen solchen Einfluss constatiren, auch bei Glas nicht, obwohl ich ihn hier von vornherein erwartete und die Spannung zwischen 150 und 300 Volt veränderte; es hätte sich dann durch Rechnung die Dielektricitätsconstante von diesem Einflusse befreien lassen. Ich hoffe aber demnächst die Flüssigkeiten in dieser Absicht untersuchen zu können.

Schiller¹ hat ebenfalls die Unabhängigkeit der Dielektricitätsconstante von der Stärke des elektrischen Feldes constatirt. Dagegen hat in jüngster Zeit Cardani² ein gleichzeitiges Wachsen beider Grössen gefunden. Bei dieser Methode geschieht die Ladung durch Leydnerflaschen, und die Länge der Funkenstrecke bestimmt deren Potential. Nun werden aber die Funkenentladungen ausser von der Potentialdifferenz von so vielen Nebenumständen beeinflusst, dass sich daraus, trotz aller Vorsichtsmassregeln, die bei dieser Methode getroffen sind, keine sicheren Schlüsse ziehen lassen.

Die Berechnung der Dielektricitätsconstanten ergibt sich, wenn die Potentialdifferenzen und Capacitäten der Condensatoren gleich sind, aus der Gleichung:

$$\frac{r^2}{d - \partial + \frac{\partial}{k}} = \frac{R^2}{D},$$

¹ Schiller, l. c.

Cardani, Rend. dei Lincei, (5), 1, 2 Sem., p. 97, 1892.

wobei R den Radius, D die Distanz der Platten des Luftcondensators, r den Radius, d den Abstand der Platten des anderen Condensators und δ die Dicke des Dielektricum von der Constante k bedeutet.

Bezüglich der Messung dieser Grössen ist dem früher Gesagten noch hinzuzufügen, dass zur Bestimmung des D ein Nullpunkt für die Mikrometerschraube gefunden werden musste, was ebenso wie die Parallelstellung mittelst eines Metallkeiles geschah und sich viel genauer erwies, als das Zusammenschrauben der Platten bis zur Berührung. Wiederholte derartige Einstellungen wiesen Unterschiede von nur $0\cdot003$ *mm* auf.

Die Werthe der Dielektricitätsconstanten.

Was die Werthe der Dielektricitätsconstanten selbst anbelangt, so ergaben sich dieselben als mittlere Werthe von 8 bis 12 Messungen, die theils bei derselben, theils bei erneuter Einstellung der Condensatoren vorgenommen wurden. Bei ersteren, deren Fehlerquellen nur im Elektrometer und in der Mikrometerschraube des Luftcondensators liegen, betrug die grössten Unterschiede in den Abständen der Platten des compensirenden Luftcondensators $0\cdot2$ Procente, bei letzteren, deren Fehlerquellen im Parallelstellen der Platten und in der Distanzmessung mittelst des Keiles liegen, $0\cdot4$ Procente. Diesen Fehlerquellen stehen grössere, im Materiale des Dielektricum liegende, gegenüber. Die Messungen wurden bei möglichst gleicher Zimmertemperatur angestellt.

Paraffin.

Auf die Herstellung der Platten wurde grosse Sorgfalt verwendet, um dieselben möglichst homogen zu erhalten. Nachdem ich mit dem von Boltzmann¹ angegebenen Verfahren, dieselben zwischen zwei geölten Glasplatten zu giessen, keine befriedigenden Resultate erhalten hatte, da infolge der Zusammenziehung beim Erstarren inhomogene Stellen auftraten, griff ich zu folgender Methode, bei der auch die vom Guss zurückbleibenden oberflächlichen Ölschichten vermieden wurden.

¹ Boltzmann, Diese Berichte, 66 (2), 1872; 67 (2), 1873.

Es hat nämlich Arons¹ gezeigt, dass solche Ölschichten die Ursache von Rückstandsbildungen sind. Und obwohl ich bei Anwendung des Wechselstromes eine Rückstandsbildung für ausgeschlossen halte, wollte ich doch, insbesondere wegen der im dritten Abschnitte mitgetheilten Untersuchungen, jeden Anlass dazu vermeiden.

Auf eine horizontale, geölte und mit einem Papierrand versehene Glasplatte wurde das geschmolzene Paraffin ausgegossen. Aus der so erhaltenen Platte wurde dann durch beiderseitiges Abdrehen auf der Drehbank die in den Condensator zu bringende Platte hergestellt. Auf diese Weise erhielt ich gleichmässig dicke, durchsichtige, also vollkommen homogene Platten.

Platte I.

Abstand der Condensatorplatten	$d = 4 \cdot 125$
Dicke der Paraffinplatte	$\vartheta = 3 \cdot 732$
Plattendistanz des Luftcondensators	$D = 2 \cdot 958$
Dielektricitätsconstante	$k = 1 \cdot 890$

Platte II.

(Durch nochmaliges Abdrehen aus der früheren erhalten.)

$d = 3 \cdot 522$	$D = 2 \cdot 619$
$\vartheta = 3 \cdot 034$	$k = 1 \cdot 883$

Platte III.

$d = 3 \cdot 522$	$D = 2 \cdot 695$
$\vartheta = 2 \cdot 866$	$k = 1 \cdot 908$

Mittelwerth $k = 1 \cdot 89$

Zum Vergleiche führe ich die wichtigsten früheren Messungen an:

Boltzmann ² .	.2·32	Schiller	.1·68
Gordon.	.1·994	Gibson u. Barclay ³	.1·977
Winkelmann.	.2·18	Wüllner	.1·96

¹ Arons, Wied. Ann., 35, S. 291, 1888.

Die Werthe, die Boltzmann erhielt, sind alle beträchtlich grösser als die späterer Beobachter.

³ Gibson und Barclay, Wied. Electricität, 1883, II, S. 38.

Ebonit.

Die Ebonitplatten wurden ebenfalls auf der Drehbank hergestellt, erstens um sie gleichmässig dick zu erhalten, und zweitens um die Gussoberfläche zu beseitigen.¹

Platte I.

$$\begin{array}{ll} d = 4 \cdot 125 & D = 3 \cdot 138 \\ \vartheta = 3 \cdot 121 & k = 2 \cdot 070 \end{array}$$

Platte II.

$$\begin{array}{ll} d = 3 \cdot 522 & D = 3 \cdot 174 \\ \vartheta = 1 \cdot 948 & k = 2 \cdot 009 \end{array}$$

Dieselbe Platte.

$$\begin{array}{ll} d = 3 \cdot 263 & D = 2 \cdot 852 \\ & k = 2 \cdot 023 \end{array}$$

Mittelwerth $k = 2 \cdot 023$

Boltzmann. .3·15—3·48	Gordon	.2·284
Schiller. ..2·21	Wüllner ²	.2·56
J. J. Thomson. 1·9 —2·1	Winkelmann.	.2·72

Schwefel.

Auch diese Platten wurden auf einer horizontalen Glasplatte gegossen. Da aber hier an der freien Oberfläche nach dem Erstarren Löcher vorhanden waren, so geschah der Guss schliesslich schichtenweise, wodurch beim Aufgiessen jeder neuen Schichte die in der vorhergehenden Schichte entstandenen Löcher ausgefüllt wurden.

Nach dem Abdrehen auf der Drehbank erhielt ich tadellose Schwefelplatten. Wegen der mühsamen Herstellung dieser

¹ Die Oberfläche des Ebonits ist namentlich bei längerem Gebrauche mannigfachen Veränderungen unterworfen; dass sie leitungs-fähig wird, ist schon mehrfach beobachtet worden. Im hiesigen Institute zeigte ein Ebonitstab die merkwürdige Erscheinung, dass er beim Reiben mit Fell positiv elektrisch wurde. Nach Abreiben der Oberfläche mit Schmirgelpapier gab er in gewöhnlicher Weise negative Elektrizität.

² Wüllner, Physik (4. Aufl.), 4, S. 333, 1886.

Platten wurde nur eine bei zwei verschiedenen Distanzen untersucht.

$$\begin{array}{ll} d = 3 \cdot 522 & D = 2 \cdot 624 \\ \delta = 2 \cdot 419 & k = 2 \cdot 425 \end{array}$$

Dieselbe Platte.

$$\begin{array}{ll} d = 3 \cdot 263 & D = 2 \cdot 307 \\ & k = 2 \cdot 412 \end{array}$$

Mittelwerth $k = 2 \cdot 42$

Boltzmann	.2·84—3·90	Gordon	.2·58
J.J. Thomson ¹	.2·4 u. 2·27	Blondlot ²	.2·94
Cardani ³	.3·5 —3·6		

Amorpher Schwefel.

Um zu untersuchen, ob der amorphe Schwefel eine andere Dielektricitätsconstante hat als der gewöhnliche Schwefel, stellte ich eine Platte aus amorphem Schwefel her, indem ich den zähflüssigen, rothbraunen Schwefel auf eine Glasplatte unter Wasser brachte und mit einer zweiten Glasplatte breitquetschte.

Der so erhaltene Kuchen war aber nicht regelmässig genug, um eine Ausmessung zuzulassen. Ich brachte ihn daher von Zeit zu Zeit in den Condensator, um die Änderung der Dielektricitätsconstante zu untersuchen, während der amorphe Schwefel in den gewöhnlichen überging. Ich konnte aber keine wesentliche Änderung constatiren, so dass die Dielektricitätsconstante des amorphen Schwefels der des gewöhnlichen gleichzusetzen ist.

J. J. Thomson (l. c.). Der erste Werth ist mittelst Hertz'scher Schwingungen, der zweite mittelst der Stimmgabelmethode bestimmt.

² Blondlot (l. c.). Als Hilfsbestimmung mittelst eines piezoelektrischen Quarzes nach Curie, Ann. chim. phys., 18, 1889.

³ Cardani (l. c.) spricht die Vermuthung aus, dass der von Gordon erhaltene Werth desshalb so klein sei, weil sich wegen der zu kurzen Ladungsdauer die dielektrische Polarisation nicht vollständig herstelle. Dem widerstreiten der zweite Werth von Thomson, der von Blondlot und von mir, die bei grossen Ladungsdauern erhalten wurden.

Gewöhnliches Glas.

Beim Glase ist besonders auf die Möglichkeit einer oberflächlichen Leitung Acht zu haben. Um dieselbe zu beseitigen, wurden die Platten sorgfältig mit Schwefelsäure und Alkohol gereinigt, gut getrocknet und am Rande mit einer Schellacklösung bestrichen. Dass eine Leitungsfähigkeit nicht zu constatiren war, habe ich bereits erwähnt.

$$\begin{array}{ll} d = 3.522 & D = 1.941 \\ \vartheta = 2.752 & k = 4.174 \end{array}$$

Eine andere Platte.

$$\begin{array}{ll} d = 3.522 & D = 1.682 \\ \vartheta = 2.792 & k = 4.524 \end{array}$$

Gordon	.3.24	Hopkinson ¹	.8.45
Schiller	..3.3 und 4.1	Wüllner.	..6.1
J.J.Thomson	.2.7	Blondlot	2.8

Spiegelglas.

$$\begin{array}{ll} d = 3.522 & D = 2.214 \\ \vartheta = 2.362 & k = 3.853 \end{array}$$

Schiller	.5.8 u. 6.34	Lecher.	.4.67—7.31
Winkelmann	.6.46 u. 7.57	Doule...	.6.88

Während bei den früheren Messungen die Dielektricitätsconstante des Spiegelglases im Allgemeinen grösser gefunden wurde, als die des gewöhnlichen Glases, ist bei meinen das Umgekehrte der Fall. Leider ist mir Zusammensetzung und Herkunft meiner Glassorten unbekannt.

Einfluss des Wechselstromes auf die Beschaffenheit der Dielektrica.

Diese Untersuchung wurde unternommen um festzustellen, ob ein Dielektricum, das dem Einflusse hochgespannter

¹ Hopkinson, Wiedemann, Elektrizität, II, S. 43.

Wechselströme unterworfen wird, eine Änderung seiner dielektrischen Capacität erfährt. Zu diesem Zwecke wurden die vorhin beschriebenen Platten im Condensator verschieden hohen Spannungen von einer Viertelstunde bis zu einer Stunde ausgesetzt, und vorher und nachher die Dielektricitätsconstante mittelst der eingangs beschriebenen Methode untersucht.

Dabei war vor Allem darauf zu achten, dass nicht eventuelle Rückstandsbildungen statt der gesuchten Veränderungen gemessen werden. Obwohl, wie ich schon früher auseinandergesetzt habe, eine Rückstandsbildung durch den Wechselstrom ausgeschlossen erscheint, habe ich dennoch auch den Ergebnissen der Untersuchung von Hertz,¹ Arons² und Muraoka,³ welche gezeigt haben, dass bei reinem Materiale niemals eine Rückstandsbildung auftritt, Rechnung getragen, wie ich schon bei Erwähnung der Herstellung der Platten hervorhob.

Zur Transformation des Wechselstromes wurde jetzt ein anderer grösserer Ruhmkorff benützt, um höhere Spannungen, als zur Messung nothwendig sind, verwenden zu können.

Es hat sich gezeigt, dass eine solche unzweifelhafte Veränderung nicht stattfindet. Denn die Veränderungen, die ich thatsächlich constatiren konnte, verlaufen derartig, dass man ihre Ursache nicht in einer Änderung der Beschaffenheit des Dielektricums, sondern in anderen Nebenumständen suchen muss.

Die folgende Zahlenreihe, enthaltend die Plattendistanzen des compensirenden Luftcondensators, stellt den Verlauf einer solchen Untersuchung an der Paraffin-Platte III dar, auf welche durch 15 Minuten ein Wechselstrom von etwa 1100 Volt mittlerer Spannung derart einwirkte, dass derselbe mit der einen Platte des Condensators verbunden war, während die andere Platte zur Erde abgeleitet wurde.

Links steht die nach der Einwirkung verfllossene Zeit, rechts die Plattendistanz des Luftcondensators.

¹ Hertz, Wied. Ann., 20, S. 279, 1883.

Arons, l. c.

³ Muraoka, Wied. Ann., 40, S. 329, 1890.

Vor der Einwirkung	2·915.
Nach der Einwirkung:	
5 Minuten	2·947
10	2·958
15	2·963
20	2·962
25	2·963
30	2·959
45	2·953
60	2·949
90	2·946
2 Stunden	2·942
3	2·937
4	2·934
5	2·932
6	2·927
7	2·922

Die Fehlergrenzen für diese relativen Zahlen sind natürlich viel enger als für die absoluten Werthe.

Eigenthümlich an dieser Reihe ist, dass die Capacität bis zu einem Minimum sinkt, und dann wieder bis nahezu auf den ursprünglichen Werth steigt. Und diesen Gang haben alle untersuchten Platten von Paraffin und Ebonit gezeigt, wenn auch nicht immer mit derselben Regelmässigkeit. Auch hat die Steigerung der Spannung des Wechselstromes bis zu 1600 Volt und der Einwirkungszeit bis zu 50 Minuten keine Proportionalität mit der Capacitätsänderung erkennen lassen. Ich verzichte daher auf die Wiedergabe der übrigen Zahlenreihen. Die Abnahme der Capacität betrug immer nur 2 bis 3 Procente und nach längstens 10 Stunden stellte sich der ursprüngliche Werth wieder her.

Ich habe wiederholt alle Verhältnisse meiner Versuchsanordnung untersucht, um darin vielleicht eine Ursache dieser Erscheinung zu finden. Es hat sich aber bei mannigfachen Abänderungen immer dieselbe Erscheinung gezeigt. Auch war es gleichgiltig, ob der Condensator während der Zeit zwischen den einzelnen Messungen beiderseitig zur Erde abgeleitet war

oder nicht. Dieser Umstand gibt auch eine Gewähr dafür, dass man es hier mit keiner Rückstandsbildung im gewöhnlichen Sinne zu thun hat. Um vollständige Sicherheit darüber zu erhalten, stellte ich ein Material mit möglichst günstigen Bedingungen für eine Rückstandsbildung her, indem ich fein geschlemmtes Graphitpulver unter geschmolzenes Paraffin rührte und daraus Platten goss. Das Graphitpulver bleibt in dem flüssigen Paraffin suspendirt, und nach dem Erstarren erhält man eine gleichmässig schwarze Masse. Ich stellte zwei solche Platten her im Verhältnisse 1 zu 100 und 3·33 zu 100. Aber auch bei diesen zeigte sich ein ganz ähnlicher Verlauf der Einwirkung, wie beim reinen Paraffin. Die Dielektricitätsconstante dieses künstlichen Dielektricums ist überraschend wenig von der des reinen Paraffin unterschieden.

Für die erste Platte ist $R = 2\cdot072$,

für die zweite $R = 2\cdot463$.

Aus allem dem ergibt sich, dass eine dauernde Veränderung der Dielektrica durch den Wechselstrom nicht stattfindet. Das Kleinerwerden und Wiederansteigen der Dielektricitätsconstante dürfte sich vielleicht durch einen vorübergehenden Zwangszustand, in den das Dielektricum versetzt wird, oder durch eine Art von Hysteresis erklären lassen.

Hutin und Leblanc¹ haben die Bemerkung gemacht, dass Condensatoren aus Paraffinpapier nach längerer Einschaltung in Wechselstromkreise ihre Capacität stark vermindern. Ich habe daher einige Lagen Paraffinpapier in meinen Condensator gebracht und in der früheren Weise untersucht. Es zeigte sich auch hier keine wesentliche Änderung, da die Spannung im Condensator nicht so gross war, dass eine merkliche Erwärmung eingetreten wäre, wie es bei Hutin und Leblanc der Fall war. Es bestätigt sich dadurch ihre Vermuthung, dass nur diese Erwärmung, durch welche die organische Beschaffenheit des Papiers verändert wurde, die Ursache jener Capacitätsänderung sei.

¹ Hutin und Leblanc, Zeitschr. f. Elektrotechnik, 9, S. 483.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse](#)

Jahr/Year: 1893

Band/Volume: [102_2a](#)

Autor(en)/Author(s): Benischke Gustav

Artikel/Article: [Experimental-Untersuchungen über Dielektrica. 530-545](#)