

### III. *Bestimmung von Dielectricitätsconstanten mittels des Differentialinductors; von Oskar Werner.*

(Auszug des Herrn Verfassers aus seiner Marburger Inaug.-Dissert.)

Hr. Prof. Elsas hat in diesen Annalen eine Methode veröffentlicht, Dielectricitätsconstanten mit Hülfe des von ihm construirten Differentialinductors zu bestimmen.<sup>1)</sup> Auf seine Anregung habe ich eine Anzahl Messungen nach dieser Methode im mathematisch-physikalischen Institute der Universität Marburg ausgeführt. Ausserdem habe ich noch eine andere Art der Bestimmung von Dielectricitätsconstanten mittels des Differentialinductors angewandt, die Hr. Elsas als Analogon der im 42. Bande beschriebenen Methode zur Bestimmung von kleinen Widerständen angegeben hat.<sup>2)</sup>

$A_1$  und  $E_1$  in Fig. 1 sollen Anfang und Ende des einen Drahtes,  $A_2$  und  $E_2$  Anfang und Ende des zweiten Drahtes, vom Differentialinductor bezeichnen.

$E_1$  und  $E_2$  werden verbunden.

In die beiden Stromkreise wird je ein Condensator und ein Rheostat und zwischen beide je ein Ende des Telephondrahtes geschaltet, sodass letzterer von den sich in ihn verzweigenden Theilen der beiden Inductionsströme im entgegengesetzten Sinne durchlaufen wird (Fig. 1). Diese Schaltung entspricht der „Kirchhoff'schen Nebenschlusschaltung“ zur Widerstandsmessung.

Besitzen die beiden Condensatoren  $C_1$  und  $C_2$  gleiche Capacität und sind die beiden Widerstände  $W_1$  und  $W_2$  gleich,

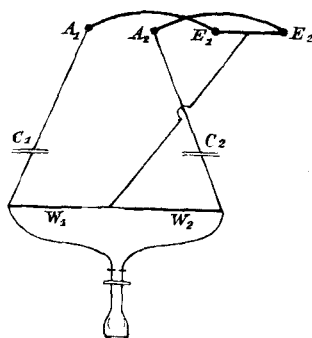


Fig. 1.

1) A. Elsas, Wied. Ann. **44**. p. 654. 1891.

2) A. Elsas, Wied. Ann. **42**. p. 173. 1891.

so sind die Verhältnisse in beiden Stromkreisen dieselben; die durch das Telephon gehenden Ströme sind gleich und entgegengesetzt gerichtet, sodass ihre Wirkungen auf den Magnet desselben sich aufheben.

Wird in einem der beiden Stromkreise die Capacität des Condensators und der Widerstand des Rheostaten in umgekehrtem Verhältnisse verändert, sodass die Capacität  $n$  mal kleiner, der Widerstand  $n$  mal grösser wird, dann bleibt die Stromverzweigung unverändert, und es tritt kein Geräusch im Telephon auf.

Bezeichnet man also mit  $C_1$  und  $C_2$  die Capacitäten der Condensatoren, so schweigt das Telephon, wenn folgende Proportion stattfindet:

$$C_1 : C_2 = W_2 : W_1.$$

Als den einen Condensator schaltet man den zur Flüssigkeitsaufnahme bestimmten Condensator ein, als anderen einen constanten Condensator. Dann bestimmt man das Verhältniss der Capacitäten für die beiden Fälle, dass Luft und dass eine Flüssigkeit mit der D.-C.  $D$  dielectricische Zwischenschicht bei ersterem ist. Ist seine Capacität im ersten Falle  $= C_1$ , so ist sie im zweiten  $= D \cdot C_1$ ; die Capacität des constanten Condensators sei  $= C_2$ ; dann erhalten wir die Gleichungen:

$$\begin{aligned} C_1 : C_2 &= W_2' : W_1' \\ D \cdot C_1 : C_2 &= W_2'' : W_1'' \\ D &= \frac{W_2' \cdot W_2''}{W_1'' \cdot W_1'} \end{aligned}$$

Die Abgleichung mittels der Widerstände erfolgte derart, dass der eine Vergleichswiderstand über das thatsächliche Tonminimum hinaus verändert wurde, bis das Telephon wieder einen deutlichen Ton gab, und dann nach der entgegengesetzten Richtung wieder derjenige Widerstand bestimmt wurde, bei dem der Ton mit derselben Stärke und Klangfarbe erschien; das Mittel aus beiden Werthen wurde als der dem Minimum entsprechende Werth angenommen. Als Vergleichswiderstände wurden Siemens'sche Rheostaten benutzt.

Bevor mit Hülfe der Methoden Bestimmungen ausgeführt wurden, wurde eine Reihe von Messungen vorgenommen, die den Zweck hatten:

1. das Verhalten des Differentialinductors bei diesen Schaltungsweisen zu prüfen;
2. den Bereich zu prüfen, in dem die Proportionalität von Plattenentfernung und reciprokem Werthe der Capacität für den Kohlrausch'schen Condensator angenommen werden kann;
3. die beiden zur Bestimmung von Flüssigkeitsconstanten angewandten Methoden zu vergleichen.

Zur Prüfung des Differentialinductors wurden zwei Kohlrausch'sche Condensatoren mittels der Differentialschaltung gegen einander abgeglichen und dann vertauscht, um festzustellen, ob die Abgleichung jetzt noch richtig war. Dies war nicht der Fall, es trat im Telephon ein Ton auf; derselbe konnte weder durch Zuschalten von Widerstand noch von Windungen zu einer der beiden Spiralen zum Verschwinden gebracht werden, sondern nur durch Veränderung der Plattenentfernung eines der beiden Condensatoren.

Die Ursache dieser Erscheinung liegt darin, dass sich das innere Ende einer Inductionsspirale wegen der Spannungserscheinungen an geöffneten Spiralen dem äusseren Ende nicht genau gleich verhält.

Zur genaueren Untersuchung wurde nach hergestellter Abgleichung die bewegliche Platte des einen Condensators von einer bestimmten Anfangsstellung aus um gemessene Strecken verschoben und jedesmal die entsprechende Veränderung der Plattenentfernung des anderen Condensators durch eine neue Einstellung bestimmt. Dann wurden die Condensatoren vertauscht und die Messungen wiederholt.

Die beiden Condensatoren hatten Platten von genau gleichem Durchmesser, besaßen also bei gleicher Plattenentfernung gleiche Capacität; eine Aenderung dieser Entfernung bei dem einen Condensator liess dieselbe Aenderung für den anderen erwarten.

In Wirklichkeit waren aber bei der ersten Messungsreihe die durch die Einstellung erhaltenen Plattenverschiebungen des einen Condensators kleiner, als die direct gemessenen des anderen, bei der zweiten Messungsreihe war das Umgekehrte der Fall; da die Abweichungen nach beiden Seiten ungefähr gleich gross waren, gab das Mittel der durch die Einstellung

bestimmten Werthe sehr nahe den direct gemessenen Werth der Verschiebung.

In Tabelle I bedeuten  $S$  und  $S_1$  die Ablesungen für die Stellung der beweglichen Condensatorplatte. Die Ablesungen werden bei vergrössertem Plattenabstand kleiner. Die Ablesungen  $S$  beziehen sich also auf die ursprüngliche Stellung des Condensators, die Ablesungen  $S_1$  auf den vergrösserten Plattenabstand desselben. Die Differenz  $S - S_1$  gibt die Aenderungen des Abstandes an; die Spalte  $M$  enthält den Mittelwerth derselben. Die beiden durch Vertauschung der Condensatoren erhaltenen Messungsreihen sind durch eine Horizontallinie getrennt. Ueber der Tabelle ist die direct gemessene Verschiebung  $d$  notirt. Die Zahlen bedeuten Millimeter.

Tabelle I.

$d = 2,55 \text{ mm}$				$d = 2,32 \text{ mm}$				$d = 1,90 \text{ mm}$				$d = 1,02 \text{ mm}$			
$S$	$S_1$	$S - S_1$	$M$	$S$	$S_1$	$S - S_1$	$M$	$S$	$S_1$	$S - S_1$	$M$	$S$	$S_1$	$S - S_1$	$M$
9,800	7,268	2,532		9,796	7,513	2,283		9,975	8,097	1,878		9,977	8,958	1,019	
9,794	7,301	2,493		9,796	7,512	2,284		9,976	8,096	1,880		9,980	8,958	1,022	
9,795	7,290	2,505		9,798	7,504	2,294		9,976	8,981	1,885		9,980	8,662	1,018	
2,505				2,326				1,906				1,023			
9,802	7,190	2,612		9,794	7,420	2,374		9,975	8,044	1,931		9,975	8,944	1,031	
9,787	7,140	2,647		9,796	7,433	2,363		9,976	8,046	1,930		9,976	8,948	1,028	
9,796	7,198	2,598		9,796	7,438	2,358		9,976	8,044	1,932		9,980	8,958	1,022	

Hieraus folgt, dass die Verschiebung des Kohlrausch'schen Condensators, die bei vollständiger Gleichheit der Stromkreise auftreten würde, dadurch erhalten wird, dass man die Messung nach Vertauschung der Condensatoren wiederholt und aus den beiden gefundenen Werthen das Mittel nimmt. Dies muss im allgemeinen geschehen, wenn man die Capacität zweier Condensatoren vergleicht, indem man dieselben nach einander zu einem constanten Condensator in dem einen Stromkreise hinschaltet und die entsprechenden Verschiebungen des Vergleichscondensators misst.

Bleibt bei den Messungen der eine Differentialzweig ungeändert, wie dies bei der Untersuchung fester Körper der Fall ist, so ist dagegen eine Vertauschung der Condensatoren nicht erforderlich, denn man hat jedesmal dieselbe Abweichung vom Mittelwerthe.

Für die Vergleichung der Capacität beliebiger Condensatoren erreicht man denselben Vortheil, indem man sie zu dem Messcondensator hinzuschaltet, den constanten Condensator im anderen Zweige ungeändert lässt und die jedesmalige Verschiebung des Messcondensators bestimmt.

Ferner wurde der Bereich, in dem die Capacität der Plattenentfernung umgekehrt proportional gesetzt werden kann, für den Kohlrausch'schen Condensator experimentell geprüft. Dieser wurde gegen einen constanten Condensator im anderen Differentialzweige abgeglichen; dann wurden zu dem letzteren zwei andere constante Condensatoren erst einzeln, hierauf beide hintereinander hinzugeschaltet und die entsprechenden Verschiebungen des Kohlrausch'schen Condensators gemessen.

Die Tabelle II gibt ähnlich wie Tabelle I die Ablesungen und Verschiebungen dieses Condensators an, indem der im anderen Stromzweige hinzugeschaltete Condensator über der Tabelle notirt ist.

Tabelle II.

Cond. I				Cond. II				Cond. I u. II hintereinander.			
<i>S</i>	<i>S</i> <sub>1</sub>	<i>S</i> - <i>S</i> <sub>1</sub>	<i>M</i>	<i>S</i>	<i>S</i> <sub>1</sub>	<i>S</i> - <i>S</i> <sub>1</sub>	<i>M</i>	<i>S</i>	<i>S</i> <sub>1</sub>	<i>S</i> - <i>S</i> <sub>1</sub>	<i>M</i>
8,957	8,029	0,928		8,957	7,540	1,417		8,957	6,628	2,329	
8,956	8,028	0,928		8,956	7,529	1,427		8,956	6,628	2,328	
8,955	8,028	0,927		8,955	7,527	1,428		8,955	6,600	2,355	
			0,916				1,402				2,311
8,957	8,052	0,905		8,957	7,575	1,382		8,957	6,674	2,283	
8,956	8,045	0,911		8,956	7,569	1,387		8,956	6,673	2,283	
8,954	8,058	0,896		8,954	7,581	1,373		8,954	6,667	2,287	

Der Werth  $0,916 + 1,402 = 2,318$  stimmt mit dem Werthe 2,311 so genau überein, das die Gültigkeit der Proportionalität innerhalb dieser Grenzen angenommen werden kann, d. h. bis zu einer Plattenentfernung von ungefähr 2,5 mm, da der ursprüngliche Plattenabstand  $a$  etwa 0,2 mm beträgt; alle späteren Messungen liegen in diesem Bereiche.

Zum Vergleiche der beiden für die Bestimmung von Flüssigkeitsconstanten angewandten Schaltungsweisen wurde mittelst jeder das Verhältniss zweier Luftcondensatoren ermittelt. Zunächst wurden die beiden Kohlrausch'schen Con-

condensatoren bei gleichem Plattenabstand  $a$  abgeglichen; dann wurde die Plattenentfernung des einen mittels Glasplättchen zu  $a + d$  und  $a + d_1$  vergrößert und das Verhältniss  $d_1 / d$  nach beiden Methoden gemessen. Nach der Differentialmethode ergab es sich direct als das Verhältniss der Verschiebungen des anderen Condensators. Nach der anderen Methode fand man durch das Verhältniss der Widerstände die beiden Verhältnisse  $(a + d) / a$  und  $(a + d_1) / a$  und hieraus  $d / d_1$ .

Tabelle III.

## A.

		$d$				$d_1$	
$S$	$S_1$	$S \cdot S_1$	$M$	$S$	$S_1$	$S \cdot S_1$	$M$
9,859	9,140	0,719	0,720	9,874	8,836	1,038	1,040
9,865	9,143	0,722		9,868	8,827	1,041	
9,864	9,144	0,720		9,875	8,833	1,042	

$$d / d_1 = \frac{1,04}{0,72} = 1,44.$$

## B.

$a_1 / a_2$	$W_1 / W_2$	$M$
$\frac{a + d}{a}$	$\frac{300}{67,5} = 4,44$	4,44
	$\frac{200}{45} = 4,44$	
	$\frac{100}{22,5} = 4,44$	
$\frac{a + d_1}{a}$	$\frac{300}{51} = 5,88$	5,88
	$\frac{200}{34} = 5,88$	
	$\frac{100}{17} = 5,88$	

$$(a + d) / a = 4,44 \quad (a + d_1) / a = 5,88$$

$$d / a = 3,44 \quad d_1 / a = 4,88$$

$$d / d_1 = \frac{4,88}{3,44} = 1,42.$$

Die beiden Werthe stimmen zwar nicht völlig überein, man muss aber bedenken, dass die Anwendung der zweiten Schaltungsweise die gesuchte Grösse erst auf Umwegen ergibt. Die Abweichungen vom Mittelwerthe betragen nicht ganz 0,7%.

Im allgemeinen kommt man aber (Hrn. Palaz entgegen) zu dem Resultat, dass bei dieser Methode auch bifilar gewickelte Vergleichswiderstände benutzt werden können.

Nun wurde nach beiden Methoden eine Anzahl von Dielectricitätsconstanten gut isolirender Substanzen gemessen, und schliesslich wurde versucht, dieselben für einige unvollkommene Isolatoren zu bestimmen.

Von diesen Messungen gebe ich nur die Mittelwerthe an.

#### A. Messungen nach der Differentialmethode.

##### 1. Feste Körper.

Von festen Körpern wurden untersucht: Paraffin, Hartgummi, Spiegelglas.

Die Substanzen wurden in Form von möglichst planparallelen Platten angewandt, die hinreichend grösser als die Condensatorplatten waren und zwischen letztere mittels eines Stativs gebracht wurden, an dem sie durch einen Seidenfaden aufgehängt waren.

In den einen Differentialzweig wurde ein constanter Condensator geschaltet und durch den Verschiebungscondensator im anderen Zweige abgeglichen, während sich die dielectriche Substanz von der Dicke  $d$  zwischen den Platten des letzteren befand: Stellung  $S$  der beweglichen Platte; dann wurde die dielectriche Substanz entfernt und die Abgleichung von neuem hergestellt: Stellung  $S_1$  der beweglichen Platte;  $S_1 - S = x$  gibt die Verschiebung der beweglichen Platte an, und die D.-C. der betreffenden Substanz folgt aus der Gleichung  $D = d/(d - x)$ .

Die Dicke der untersuchten Platten wurde aus Messungen an einem Netzwerke von möglichst vielen Punkten als Mittelwerth abgeleitet.<sup>1)</sup>

1) Vgl. Boltzmann, Wien. Sitzungsber. 67. 1873.

Tabelle IV.

Substanz	$d$	$x$	$D$	Werthe anderer Beobachter	
Paraffin	3,431	1,912	2,254	Boltzmann	2,32
	2,639	1,469		Hopkinson	2,29
	3,288	1,826		Winkelmann	2,13 u. 2,21
				Donle	2,309
Hartgummi	3,075	2,060	3,030	Boltzmann	3,15 u. 3,48
				Winkelmann	2,72
				Thomson	1,9 u. 2,1
				Lecher	2,64—3,01
Spiegelglas	a) 1,211	1,040	7,082	Romich u. Nowak	7,5
				Hopkinson	6,57—10,1
				Winkelmann	6,46
	b) 6,986	6,088	7,780	Donle	6,589—7,209
				Thomson	2,7
				Lecher	4,64—731

## II. Flüssigkeiten.

Von Flüssigkeiten wurden untersucht: Petroleum, Petroleumäther, Terpentinöl, Xylol, Toluol.

$x_1$  bedeutet die Entfernung der Platten, bei welcher der Verschiebungscondensator den leeren d. h. den Luft enthaltenden Flüssigkeitscondensator ersetzt;  $x_2$  gibt die Entfernung der Platten an, bei der die Capacität des Verschiebungscondensators der Capacität des gefüllten Flüssigkeitscondensators gleich ist. Der Quotient  $x_1/x_2$  ergibt die Dielectricitätsconstante  $D$  der Flüssigkeit.

Tabelle V.

Substanz	$x_1$	$x_2$	$D$	Werthe anderer Beobachter	
Petroleum	0,965	0,479	2,015	Hopkinson	2,10
				Cohn u. Arons	2,04
				Palaz	2,090—2,195
				Winkelmann	2,14
				Lecher	2,35 u. 2,42
Petroleumäth.	0,965	0,543	1,779	—	—
Terpentinöl	0,919	0,402	2,286	Winkelmann	2,22
				Tomaszewski	2,258—2,271
Xylol	0,945	0,419	2,256	Cohn u. Arons	2,36 u. 2,37
				Tomaszewski	2,383
				Tereschin	2,35
				Hopkinson	2,39
Toluol	0,954	0,414	2,304	Palaz	2,365
				Tomaszewski	3,303
				Hopkinson	2,42—2,365

**B. Messungen nach der Nebenschlussmethode.**

Nach dieser Methode sind nur Dielectricitätsconstanten von Flüssigkeiten bestimmt worden. Ausser den unter A genannten Flüssigkeiten wurde noch Ricinusöl untersucht.

$W_1 / W_2$  gibt das Verhältniss der Widerstände bei der Abgleichung und somit das umgekehrte Verhältniss der zugehörigen Condensatorcapacitäten an; in den ersten Stromkreis (zu  $W_1$ ) war immer ein constanter Condensator geschaltet, in den zweiten (zu  $W_2$ ) der Flüssigkeitscondensator. Wenn dieser leer war, sind die Widerstandsbezeichnungen mit einfachem Index, wenn er gefüllt war, mit doppeltem Index versehen worden.  $W_1'' / W_2'' : W_1' / W_2'$  gibt die Dielectricitätsconstante  $D$  der Flüssigkeit.

Substanz	$W_1' / W_2'$	$W_1'' / W_2''$	$D$	Werth nach A.
Petroleum	0,2464	0,4958	2,012	2,015
Petroleumäther	1,000	1,777	1,777	1,779
Terpentinöl	0,247	0,557	2,255	2,286
Xylol	0,250	0,557	2,228	2,256
Toluol	0,2469	0,5622	2,277	2,304
Ricinusöl	0,592	2,582	4,361	(Palaz: 4,61)

Schliesslich wurde versucht, ob sich die von den Hrn. Cohn und Arons<sup>1)</sup>, Tereschin<sup>2)</sup>, Winkelmann<sup>3)</sup> Donle<sup>4)</sup> bei schlecht isolirenden Substanzen gemessene Grösse, die von ihnen als Dielectricitätsconstante angesprochen worden ist, mit Hülfe dieser Methode feststellen lässt. Die Untersuchung erstreckte sich hauptsächlich auf Alkohol.

Die Bestimmung für Alkohol wurde nach der Differential-schaltung zunächst in derselben Weise versucht wie die Messung für die unter A behandelten Flüssigkeiten. Indessen veränderte sich die Einstellung des Kohlrausch'schen Condensators überhaupt nicht, wenn zum constanten Con-

1) Cohn u. Arons, Wied. Ann. **28**. p. 454. 1886; **33**. p. 13. 1888. Cohn, Wied. Ann. **38**. p. 42. 1889.

2) Tereschin, Wied. Ann. **36**. p. 792. 1889.

3) Winkelmann, Wied. Ann. **37**. p. 161. 1889.

4) Donle, Wied. Ann. **40**. p. 307. 1890.

densator im anderen Differentialzweige der mit Alkohol gefüllte Flüssigkeitscondensator<sup>1)</sup> hinzugeschaltet wurde. Dasselbe war der Fall für einen ähnlich construirten Flüssigkeitscondensator mit grösseren Cylindern. Durch zahlreiche Wiederholungen des Versuchs wurde dies genau festgestellt.

Dem ersten Flüssigkeitscondensator entsprach bei Luftfüllung eine Verschiebung des Kohlrausch'schen Condensators um ungefähr 1 mm, dem anderen eine solche um ungefähr 1,5 mm; nahm man den Cohn'schen Werth für die Dielectricitätsconstante von Alkohol (annähernd = 25) als richtig an, so mussten die mit Alkohol gefüllten Condensatoren Verschiebungen von 0,04 mm und 0,06 mm hervorrufen; diese Verschiebungen hätten bemerkbar sein müssen, wenn die dielectricische Wirkung des Alkohol nicht durch electricische Ueberleitung der Electricität verdeckt worden wäre.

Es wurde nun versucht, durch verschiedene Abänderungen an den für die Flüssigkeitsaufnahme bestimmten Condensator ein anderes Resultat zu erreichen.

Zunächst wurde die Flüssigkeit von der einen metallischen Condensatorwand durch eine isolirende Schicht getrennt. Der innere Messingcylinder des Flüssigkeitscondensators wurde in ein etwas grösseres Becherglas gestellt, das aussen mit Stanniol bis zur Höhe des Cylinders belegt war. Diesem Condensator entsprach eine Plattenverschiebung des Kohlrausch'schen Condensators um 1,509 mm; nach Einfüllung von Alkohol war dieselbe = 0,059 mm. Nun befand sich aber zwischen den Metallbelägen ausser der Flüssigkeitsschicht noch die Glasschicht. Um den Antheil zu bestimmen, welcher der Glasschicht an der Plattenverschiebung zukam, wurde erstens verdünnte Schwefelsäure, die als Leiter betrachtet werden konnte, statt des Alkohols eingefüllt und die Messung ausgeführt; zweitens wurde der Messingcylinder ganz weggenommen, die Innenwand des Glases entsprechend dem äusseren Belage mit Stanniol belegt und für diesen Condensator die Plattenverschiebung des Kohlrausch'schen Condensators bestimmt. In beiden Fällen wurde der obige Werth von 0,059 mm mit geringen im Bereiche der Beobachtungsfehler liegenden Abweichungen gefunden. Alkohol verhielt sich demnach wieder wie ein guter Leiter.

1) Doppelcylinder aus Messing.

Hierauf wurde die Flüssigkeit von beiden Condensatorwänden durch Glasschichten geschieden. Zwei mit kleinem Spielraum in einander passende Bechergläser wurden, das kleinere innen, das grössere aussen, bis zu derselben Höhe mit Stanniol belegt und zu einem Condensator zusammengesetzt. Folgende kleine Tabelle gibt die Mittelwerthe der Verschiebungen an, die bei zwei Zusammensetzungen des Condensators erhalten wurden. Ueber der Tabelle ist notirt, womit dieser ausgefüllt war.

Luft	Alkohol	verdünnte Schwefelsäure
1,342	0,106	0,103
1,028	0,103	0,101

Hiernach verhielten sich also nicht nur zwei gleichdicke Schichten Alkohol und verdünnte Schwefelsäure gleich, sondern auch verschieden dicke Schichten. Die erhaltene Verschiebung ist demnach vollständig auf Rechnung der beiden Glasschichten zu setzen, und die dielectricische Wirkung des Alkohols wird auch hier vollständig durch seine Leitung verdeckt.

Es wurde noch ein ähnlicher Condensator wie der eben beschriebene construirt mit grösserem Hohlraum und kleinerer Oberfläche der Metallbeläge. Zugleich war das kleinere Glas fest in das grössere gekittet, sodass Quecksilber in den Zwischenraum eingefüllt werden konnte.

Folgende mittlere Plattenverschiebungen des Kohlrausch'schen Condensators wurden für diesen Condensator erhalten:

Luft	Alkohol	verdünnte Schwefelsäure	Quecksilber
3,675	0,410	0,402	0,415

Alkohol verhält sich somit bei dieser Art der Untersuchung unzweifelhaft wie ein guter Leiter.

Da Hr. Winkelmann mit seiner ähnlichen Methode einen Werth für die Dielectricitätsconstante des Alkohols gefunden hat, so wurde versucht eine Einrichtung zu treffen, die der seinigen möglichst entsprach.

$A_1$  wurde an Erde abgeleitet,  $E_1$  mit  $A_2$  verbunden und der Strom von  $E_2$  zwischen zwei Condensatoren verzweigt, deren andere Platten durch ein Telephon verbunden wurden. (Fig. 2.) Besaßen diese beiden Platten gleiche Capacitäten, so schwing das Telephon.

Auf die eine Seite wurde nun der Vergleichscondensator, auf die andere Seite ein unveränderlicher Condensator geschaltet und abgeglichen. Hierauf wurden zum constanten Condensator die verschiedenen Flüssigkeitscondensatoren, einmal mit Alkohol dann mit verdünnter Schwefelsäure gefüllt, hinzugeschaltet und die entsprechenden Aenderungen der Plattenentfernung vom Kohlrausch'schen Condensator gemessen. Auch auf diese Weise zeigte sich kein Unterschied in dem Verhalten von Alkohol und verdünnter Schwefelsäure.

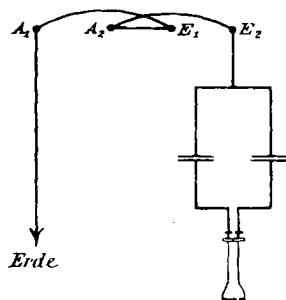


Fig. 2.

Um dem Winkelmann'schen Verfahren noch näher zu kommen, wurde schliesslich ein Condensator zur Aufnahme von Flüssigkeiten construirt, dessen Beläge gleiche Grösse hatten wie die Plattenflächen des Vergleichscondensators.

Von zwei Spiegeln wurde der Quecksilberbelag bis auf kreisförmige Flächen von jener Grösse entfernt. Der grössere dieser beiden Spiegel wurde mit dem Belage nach unten gekehrt horizontal auf drei Hartgummifüsschen gelegt. Um den Rand der oberen Seite wurden dicke Glasstreifen gekittet, sodass ein Trog entstand. In denselben wurde unter Zwischenfügen von drei kleinen gleichdicken Glasstückchen der andere Spiegel gelegt, sodass sein Belag nach oben gekehrt war und dem anderen Belage genau gegenüber stand.

Die mittlere Dicke des Zwischenraumes zwischen den Glasplatten sei  $d$ . Wird nun dieser Condensator durch den Kohlrausch'schen Condensator mittelst der zuletzt angegebenen Schaltungsweise abgeglichen, dann zwischen die Glasplatten eine Flüssigkeit eingefüllt und wieder abgeglichen und ist hierzu eine Verschiebung um  $x$  nöthig, so ist die Dielectricitätsconstante der Flüssigkeit nach der „Gordon'schen Formel“  $D = d/(d - x)$ .

Die Schichtdicke  $d$  war schwer zu bestimmen; der Dicke der zwischenliegenden Glasstückchen entsprach sie nicht genau, da die Spiegel nicht vollkommen eben waren. Deshalb wurde zunächst der Condensator nach einander mit Alkohol und mit verdünnter Schwefelsäure gefüllt, um zu untersuchen, ob beide Flüssigkeiten überhaupt verschiedene Werthe  $x$  ergaben. Dies war nicht der Fall; beide Male wurde  $x=2,160$  mm erhalten.

Für die früher untersuchten Flüssigkeiten wurden mit diesem Condensator gute Resultate gefunden, wenn als  $d$  der Werth 2,160 angenommen wurde.

Aus allen diesen Versuchen ergibt sich, dass Alkohol sich bei Messungen nach der Methode des Hrn. Elsas wie eine gut leitende Substanz verhält.

Auch für Anilin, Nitrobenzol, Glycerin wurde dasselbe Resultat erhalten.

Grössere Dielectricitätsconstanten als ungefähr 7 für Glas konnten nicht bestimmt werden.

Die Thatsache, dass Hr. Winkelmann mit einer ähnlichen Methode die Dielectricitätsconstante von Alkohol festgestellt hat, ist nicht von entscheidender Bedeutung, da die Correctur, die er an der Schichtdicke anbringt, sehr gross ist im Verhältniss zu dem bei hohen Dielectricitätsconstanten nur kleinen Werthe  $d-x$ ; aus  $\delta=2,885$  mm und  $x=2,800$  mm ist nach der Formel  $D = d/(d-x)$  die Dielectricitätsconstante von Alkohol berechnet, während an  $d$  eine Correctur von ungefähr 0,2 mm angebracht ist.

Die Methoden von Hrn. Elsas haben sich somit für die Bestimmung der Dielectricitätsconstanten fester und flüssiger Körper mit niedriger Constante brauchbar erwiesen. An Bequemlichkeit stehen sie den bisher gebräuchlichen Methoden nicht nach. Ausser dem Kohlrausch'schen Condensator mit einer Vorrichtung zum Messen seiner Plattenverschiebungen und dem Differentialinductor mit Telephon bedarf es keiner Apparate; besonders zu construiren ist nur ein Condensator zur Aufnahme von Flüssigkeiten.

Zur Untersuchung von schlecht isolirenden Substanzen sind die Methoden nicht geeignet. —