

Interferenzversuch mit elektrischen Wellen

(II. Mittheilung)

Viktor von Lang,

M. k. Akad.

I.

Der in der ersten Mittheilung¹ beschriebene Interferenzapparat gestattete auch die Bestimmung der Brechungsquotienten fester Körper für elektrische Wellen. Er eignet sich aber wegen des runden Querschnittes der horizontal liegenden Röhren nicht gut zur Untersuchung von Flüssigkeiten. Ich habe nun einen neuen Apparat gebaut, bei welchem die beiden Theilwellen Röhren von quadratischem Querschnitte durchlaufen, und welcher im Gegensatze zu dem ersten Apparat nur aus Metall verfertigt ist.

Wie in der ersten Mittheilung sollen die beiden ausziehbaren U-förmigen Röhren mit E und F bezeichnet werden, die Röhren aber, aus welchen die Schenkel der beiden U-Röhren herausgezogen werden können, sollen entsprechend E_1, E_2 und F_1, F_2 heissen. Bei der ersten Form des neuen Apparates waren die Röhren E_1 und F_1 , sowie E_2 und F_2 aus einem Stück und bildeten so zwei 500 mm lange Canäle, die an den Enden durch die Röhren E und F verbunden waren, in ihren Mitten aber Röhren C und H für den Eintritt und Austritt der elektrischen Wellen trugen. Mit dieser Anordnung konnten jedoch keine befriedigenden Resultate erhalten werden und eine Interferenz war damit nicht überzeugend nachzuweisen. Die Sache wurde

Wr. Sitzungsber., Bd. 104, II. a. (1895), S. 980. Wied. Annalen, Bd. 57, S. 430.

erst besser, als ich an den Kreuzungsstellen der Röhren E_1CF_1 und $E_2H_2F_2$ würfelförmige Räume D , G einsetzte, wie dies im ursprünglichen Apparate zufällig von vornherein schon so gemacht worden war. Nach dieser Verbesserung war aber auch kein wesentlicher Unterschied zwischen dem alten und neuen Apparat zu bemerken.

Über die Dimensionen des neuen Apparates bemerke ich zuerst, dass der innere Querschnitt der U-Röhren E und F , welche, sowie die Röhren E_1 , E_2 , F_1 , F_2 aus 0.3 mm starkem Zinkblech gebildet sind, 49.5 mm^2 beträgt. Dieser Querschnitt wurde aber durch Zinkrahmen bis auf 40.5 mm^2 abgeblendet, um zu hindern, dass zwischen den in diese Röhren eingefügten festen Körpern oder Flüssigkeitstrogen und den Röhrenwänden Antheile der elektrischen Wellen hindurch gehen. Zu dem Zwecke sind an den vier Seiten der Rahmen Bleche angelöthet, welche gegen die Röhrenwände federn.

Die beiden Würfel sind aus 1.6 mm starkem Zinkblech, haben eine innere Seitenlänge von 97 mm und stehen mit ihren Mittelpunkten um 160 mm von einander ab.

Als sehr zweckmässig erwies sich wieder die Anwendung eines metallenen Diaphragmas, welches die elektrische Welle vor ihrer Zweitheilung passiren muss. Es liessen sich jedoch auch Stellungen der einzelnen Apparattheile gegeneinander auffinden, wo mit voller Öffnung, aber jedenfalls weniger gut gearbeitet werden konnte.

Die Röhrenleitung C vom Diaphragma bis zum Würfel D hat einen runden Querschnitt und ist durch ein ausziehbares Rohr von 52.7 mm Durchmesser gebildet, das in einem mit dem Würfel D verbundenen Rohrstutzen von 55.5 mm inneren Durchmesser steckt. Die Verbindung des Würfels G mit dem Cohererkasten J , die zur Fortleitung der wiedervereinigten Wellen dient, hat ebenfalls runden Querschnitt, aber einen etwas grösseren Durchmesser (58.5 mm), als hier die Verbindung über den Rohrstutzen des Würfels erfolgte, nicht wie in Fig. 1 der ersten Mittheilung.

Bei den meisten der nachfolgenden Versuche betrug die Entfernung von der Mitte des Würfels D bis zum Diaphragma 300 mm , von da bis zu den Erregerkugeln (A , A') 280 mm

Die runde Öffnung des Diaphragmas hatte 23 *mm* Durchmesser. Die ziemlich einflusslose Entfernung der Coherer's von der Mitte des zweiten Würfels *G* betrug 880 *mm*.

Als Erreger wurden die Kugeln von 24·4 *mm* Durchmesser benützt, dieselben standen im Petroleum um 0·65 *mm* von einander ab, ausserhalb aber um 9·5 *mm* von den Entladerkugeln (*B*, *B'*), welche einen Durchmesser von 38 *mm* haben. Die Erregung der Funken geschah wieder durch die 20 plattige Töpler'sche Influenzmaschine. Ich überzeugte mich aber, dass die Versuche auch mit verhältnissmässig kleinen Inductionsapparaten ausgeführt werden können.

Werden die U-Röhren bis zu den angelötheten Anschlängen hineingeschoben, so stehen sie in die Würfel hinein, da ihre Schenkel 223 *mm*, die Röhren *E*₁ nur 200 *mm* lang sind. Aus diesem Grunde wurde ein- für allemal die Röhre *F* etwas herausgezogen und zwar gleich um 35 *mm*, um so auch die erste Verstärkung genau beobachten zu können. Es ergab sich, dass das Maximum der Verstärkung bei leerem Apparate dann eintritt, wenn das U-Rohr *E* um 35·4 *mm* herausgezogen ist.

Für die Wellenlänge der elektrischen Wellen wurde bei der angegebenen Anordnung der Werth 85·2 *mm* gefunden, gegenüber dem Werthe 82 *mm*, welcher mit dem früheren Apparate erhalten worden war. Die Versuche wurden aber damals nicht so oft wiederholt, da mit den Erregerkugeln von 24·4 *mm* Durchmesser keine weiteren Versuche ausgeführt worden waren. Vielleicht liegt aber die Ursache doch in den geänderten Dimensionen des neuen Apparates, auf welche Vermuthung leicht der früher angegebene räthselhafte Einfluss der Würfel *D*, *G* führt.

Möglicherweise, doch nicht wahrscheinlich ist auch die verschiedene Länge der Erregerfunken von Einfluss auf die Wellenlänge. Die Wellenlänge ist aber, wie ich mich überzeugt habe, unabhängig von der Länge der Stäbe, an denen die Entladerkugeln *B*, *B'* befestigt sind, und welche in eine Gerade fallen. Eine Verlängerung dieser Stäbe von 95 *mm* auf 295 *mm* durch angesetzte Röhren gab keinen Unterschied für die Wellenlänge.

Nach dem Vorhergehenden treten also für den bloß Luft enthaltenden Apparat, wenn die eine U-Röhre auf $35\cdot0\text{ mm}$ gestellt ist, die Verstärkungen (mit Sternchen bezeichnet) und Schwächungen der beiden Theilwellen ein für die folgenden Stellungen der anderen U-Röhre:

$$T_m = 35\cdot4^* \quad 56\cdot7 \quad 78\cdot0^* \quad 99\cdot3 \quad 120\cdot6^*$$

Der angegebenen Wellenlänge entspricht eine Schwingungszahl $N = 3520\cdot10^6$.

II.

Isotrope Körper. Die festen Körper, die ich mit dem neuen Apparate untersuchte, hatten jetzt die Gestalt rechtwinkliger Parallelepipede, so dass sie den Querschnitt der U-Röhren möglichst ausfüllten. Sie wurden in den linken Schenkel der *E*-Röhre gegeben und dann die Beobachtungen wie früher ausgeführt. Es wurde nämlich diese Röhre von der Stellung $T = 20$ angefangen successive um je 5 mm herausgezogen und dann die Bestrahlung vorgenommen. Nur die Ermittlung der Lage der Maxima und Minima der vereinigten Welle aus den Beobachtungen geschah meist auf etwas kürzere Weise.

Zuerst wurden allerdings wieder die Stellungen T des U-Rohres und die zugehörigen Galvanometer-Ausschläge S_2 als Abscissen und Ordinaten auf Millimeterpapier aufgetragen, dann aber wurden an die so bestimmten Punkte Schablonen von Wellenlinien angelegt, die auf gleichem Papier mit der bekannten Wellenlänge ($85\cdot2\text{ mm}$) und mit verschiedenen gleichen oder abnehmenden Amplituden construirt und ausgeschnitten worden waren. Es handelte sich nun darum, die Schablone auszuwählen, welche sich am besten den Beobachtungspunkten anschliesst und dann die Lage eines Maximums oder Minimums der Schablone auf dem Millimeterpapier abzulesen. Diese Zahl abgezogen von der betreffenden der früher für T_m gegebenen Zahlen, gibt sogleich die Verschiebung der Röhre *E*, welche nach Einschaltung des Körpers nöthig ist, um für die beiden Theilwellen wieder den ursprünglichen Wegunterschied herzustellen.

Im Nachfolgenden wollen wir die Dimension des untersuchten Körpers, längs welcher die eine elektrische Theilwelle denselben durchläuft, immer als Dicke bezeichnen, wenn sie auch grösser als die dazu senkrechte Dimension ist.

Paraffin. Eine Versuchsreihe mit einem 62 *mm* dicken Parallelepiped gab den Brechungsquotienten $n = 1.71$; der alte Apparat hatte Werthe von $1.65—1.73$ gegeben.

Hartgummi. Untersucht wurden drei Platten. Die erste, 4.8 *mm* dick, gab als Mittel dreier Beobachtungsreihen $n = 2.21$, die zweite Platte, 7.8 *mm* dick, gab aus zwei Reihen $n = 2.24$, und die dritte, 13.5 *mm* dicke Platte als Mittel zweier Beobachtungsreihen $n = 2.00$. Die letzte Platte wurde später beiderseits abgeschmirlt, um die Politur an den beiden Endflächen zu entfernen. Die Dicke wurde hiedurch nicht bemerklich geändert, für den Brechungsquotient wurde aber nahezu derselbe Werth 1.98 wie früher gefunden.

Setzen wir im Mittel $n = 2.15$, so wird die Dielektricitätsconstante desselben $D. E. = n^2 = 3.5$. Die von Anderen¹ gefundenen Werthe schwanken zwischen 2.08 und 3.48.

Steinsalz. Die erste der beiden untersuchten Platten war 11.4 *mm* dick und gab als Mittel von vier Beobachtungsreihen $n = 3.07$, die zweite Platte, 34.1 *mm* dick, gab aus drei Reihen $n = 3.02$.

Setzen wir $n = 3.05$, so wird $D. E. = 9.3$. Die neuesten Versuche von Thwing² geben hiefür 5.81, während nach Curie $D. E. = 5.85$, nach Hopkinson 18 ist.

Spiegelglas. Mit einer 5.7 *mm* dicken Platte wurden zwei Beobachtungsreihen ausgeführt und im Mittel $n = 3.42$ gefunden. Dementsprechend ist $D. E. = 11.7$, während die bisherigen Beobachtungen zwischen 5.8 und 7.57 schwanken.

III.

Flüssigkeiten. Die Gefässe, in denen die Flüssigkeiten untersucht wurden, hatten natürlich auch die Gestalt recht-

¹ Siehe A. Winkelmann, Handbuch der Physik, 3. Bd., 1. Abthg. (1893), S. 72 u. ff.

² Ch. B. Thwing, Zeitschrift für phys. Chemie, Bd. 14 (1894), S. 300.
Sitzb. d. mathem.-naturw. Cl.; CV. Bd. Abth. II. a. 17

winkelliger Parallelepiped; sie waren oben offen und aus $\frac{1}{4}$ mm starkem Carton hergestellt. Hierbei wurden die drei aus einem Stück Carton gebogenen Seitenwände länger gelassen als der eigentliche Trog, damit die beiden Stirnflächen durch drei nach aussen stehende Lappen angeleimt werden konnten. Um den Trog flüssigkeitsdicht zu machen, wurde er inwendig je nach der Natur der zu untersuchenden Flüssigkeit mit Tischlerleim oder mit Paraffin überzogen.

Der gefüllte Trog wurde wieder in den linken Schenkel der U-Röhre *E* gebracht, indem zuerst der früher erwähnte Rahmen wie bei allen Beobachtungen eingesetzt worden war. Um die Wirkung des Troges selbst nicht in Rechnung ziehen zu müssen, wurde auch symmetrisch in die andere U-Röhre *F* ein gleicher, aber leerer Trog nebst dem Metallrahmen eingefügt. Die Untersuchung der zwei nächstfolgenden Flüssigkeiten bot auch keine Schwierigkeiten.

Terpentinöl. Es wurde mit drei verschiedenen Trogen operiert und beziehungsweise 3, 2 und 2 Beobachtungsreihen angestellt. Die erhaltenen Resultate sind

$$\begin{array}{ll} \text{Trogdicke} = 25.5 \text{ mm} & n = 1.71 \\ & = 31.0 & n = 1.74 \\ & = 32.5 & n = 1.76 \end{array}$$

Im Mittel ist also $n = 1.74$ und $D. E. = 3.0$, Thwing gibt hiefür 2.28, während die älteren Beobachtungen zwischen 2.187 und 2.27 schwanken.

Benzol. Gewöhnliches Benzol gab in einem Troge von 38 mm Dicke untersucht als Mittel zweier Beobachtungsreihen $n = 2.09$. Dagegen gab eine Probe, die als »reinstes Benzol« bezogen war, in einem Troge von 25.5 mm Dicke als Mittel dreier Beobachtungsreihen 1.86 und in einem 69.5 mm dicken Troge allerdings nur aus einer Beobachtungsreihe $n = 1.83$. Nehmen wir das Mittel der beiden letzten Bestimmungen $n = 1.85$, so wird $D. E. = 3.4$.

Dasselbe »reinste« Benzol war schon früher in Professor F. Exner's Laboratorium auf seine $D. E.$ nach einer statischen Methode untersucht worden und hiefür bei einer Temperatur von 23° C. $D. E. = 2.115$ gefunden worden.

Für Benzol gelten ausserdem folgende Bestimmungen mit Wechselzahlen

$$N \text{ sehr klein} \quad D. E. = 2 \cdot 251 \quad \text{Nernst}^1$$

$$N = 400 \cdot 10^6 \quad D. E. = 2 \cdot 262 \quad \text{Drude.}^2$$

Glycerin. Hier war die Bestimmung des Brechungsquotienten schon schwieriger und es gelang nur bei bedeutender Reduction der Trogdicke Interferenzen der beiden Theilwellen nachzuweisen. Bei den folgenden zwei Beobachtungen, jede das Mittel aus zwei Reihen, konnten jedoch noch zwei Verstärkungen mit Sicherheit nachgewiesen werden. Es wurde gefunden

$$\text{Trogdicke} = 3 \cdot 1 \text{ mm} \quad n = 3 \cdot 84$$

$$= 5 \cdot 4 \quad n = 3 \cdot 67$$

Das Mittel dieser Zahlen, $n = 3 \cdot 74$, gibt die $D. E. = 14 \cdot 0$. Es ist dies der einzige Fall, wo ich eine kleinere $D. E.$ fand als frühere Beobachter, aber gerade für Glycerin findet nach Drude anormale Dispersion der elektrischen Wellen statt, welche Erscheinung von Drude noch für Aethyl- und Amylalkohol und für Essigsäure nachgewiesen wurde. Nach der von Drude gegebenen Tafel hat man für Glycerin

$$10^{-6} \cdot N = 25 \quad D. E. = 56 \cdot 2 \quad \text{Thwing}$$

$$150 \quad 39 \cdot 1 \quad \text{Drude}$$

$$400 \quad 25 \cdot 4$$

$$3520 \quad 14 \cdot 1 \quad \text{Lang.}$$

Wasser. Der Brechungsquotient des Wassers für elektrische Wellen ist nach der hier gegebenen Methode nicht mehr mit Sicherheit zu bestimmen. Wenn die Wasserschichte etwas bedeutender ist, so geht von der betreffenden Theilwelle nichts mehr hindurch. Mit einem Troge von nur $2 \cdot 5 \text{ mm}$ Dicke konnten allerdings zwei Schwächungen und die dazwischen liegende Verstärkung ganz unzweifelhaft nachgewiesen werden, allein die exacte Lage des Maximums war, obwohl zwei Beobachtungsreihen ausgeführt worden waren, nicht genau zu

W Nernst, Zeitschrift für phys. Chemie, Bd. 14 (1894), S. 622.

P. Drude, Abh. der mathem.-physischen Classe der k. sächs. Ges. der Wiss., Bd. 29 (1896), S. 1.

bestimmen, was bei der geringen Dicke des Troges natürlich gleich beträchtliche Abweichungen verursacht. Es wurde beiläufig eine Verschiebung von $10\cdot5\text{ mm}$ beobachtet, was einem Brechungsquotienten $n = 9\cdot4$ entspricht.

Mit einem zweiten Troge von $3\cdot1\text{ mm}$ Dicke wurde nur eine Schwächung und Verstärkung constatirt. Die Verschiebung betrug allerdings mehr als in dem vorhergehenden Versuche, konnte aber auch nicht mit Sicherheit bestimmt werden. Die Versuche mit Wasser wurden in Folge dessen auch nicht fortgesetzt.

IV

Doppelbrechung des Holzes. Die durch den leeren Interferenz-Apparat hindurchgegangenen zwei Theilwellen sind vollkommen polarisirt, was leicht mit einem Metallgitter nachgewiesen werden kann, das vor das Diaphragma gestellt wird. Hierzu wurde ein Gitter benützt aus Kupferdrähten, die $0\cdot7\text{ mm}$ dick waren und mit ihren Axen um $6\cdot4\text{ mm}$ abstanden. In verticaler Stellung hat dieses Gitter gar keinen Einfluss, dagegen vernichtet es in horizontaler Lage vollkommen die Wirkung des Erregers auf den Coherer.

Jedesfalls sind schon die vom Erreger ausgesandten Wellen in demselben Sinne polarisirt, wie sie es vollständiger beim Durchgange durch den Apparat werden. Allein das angegebene Gitter genügt nicht, wenn wir nach Hinwegnahme des eigentlichen Interferenz-Apparates die ursprüngliche Polarisation nachweisen wollen. Dieses Gitter stört in keiner Lage die Wirkung des Erregers auf den Coherer. Auch zwei gleiche Gitter, die gekreuzt sind, zeigen keinen Einfluss. Der Nachweis dieser Polarisation gelang erst mit einem Gitter, das aus halben Stricknadeln von $0\cdot7\text{ mm}$ Dicke im Abstände von $3\cdot1\text{ mm}$ angefertigt worden war. Dabei musste dieses Gitter aber vollkommen elektricitätsdicht mit dem Kasten J , welcher den Coherer enthält, verbunden sein. Zu dem Zwecke war es auf ein Stück Pappe von 145 mm^2 befestigt, welches wieder an ein Rohr von Pappe geleimt war. Dieses Rohr passte sehr streng in das vordere Rohr des Kasten J , und war natürlich so wie das quadratische Stück Pappe mit Stanniol überzogen.

Gab man in das Papprohr hinter dem Gitter ausserdem noch ein Diaphragma, so konnte man deutlich die verschiedene Wirkung des Erregers bei horizontaler und verticaler Lage des Gitters beobachten. Mit einem Diaphragma von 20 *mm* Durchmesser ging bei horizontaler Stellung fast gar nichts mehr hindurch, während bei verticaler Stellung des Gitters die Wirkung auf den Erreger eine sehr kräftige war.

Die Polarisation der ursprünglichen Welle ist offenbar auch die Ursache, dass der beschriebene Interferenzversuch nicht gelingt, wenn der eigentliche Interferenz-Apparat um eine horizontale Axe so gedreht wird, dass die beiden U-Röhren vertical stehen. Das Experiment wurde schon mit dem ursprünglichen Apparate ausgeführt.

Fichtenholz. Das angewandte Parallelepiped war 30.6 *mm* dick und aus einem grösseren Stück Fichtenholzes geschnitten, wobei seine Axe senkrecht auf den Längsfasern des Holzes stand. Dieses Parallelepiped wurde nun in die U-Röhre *E* gebracht, und zwar einmal so, dass die Fasern vertical, dann so, dass die Fasern horizontal standen. Für diese zwei Lagen wurde gefunden

Fasern vertical.	$n = 1.97$
horizontal	$n' = 1.63$

Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der elektrischen Wellen ist also wie schon Mack¹ und Righi beobachteten, verschieden, je nachdem sie parallel oder senkrecht zu den Fasern des Holzes schwingen. Der Unterschied der beiden Brechungsquotienten wurde noch direct bestimmt, indem auch in das andere U-Rohr *F* ein nahezu identisches Holzparallelepiped (31.0 *mm* dick) eingesetzt wurde, aber so, dass die Fasern die entgegengesetzte Stellung wie im ersten Holzstücke hatten. Nachdem hierauf die Lage der Verstärkungen und Schwächungen bestimmt worden war, wurden in beiden Röhren die Parallelepipede um 90° gedreht und wieder die Interferenz der beiden Welle beobachtet. Es ergab sich, dass die Maxima und Minima gegen früher um 12 *mm* verschoben sind, welcher Betrag der doppelten

¹ Mack, Wied. Anm., Bd. 54 (1895), S. 342.

Differenz der beiden Brechungsquotienten entspricht. Setzt man die Dicke beider Parallelepipede gleich (im Mittel 30.8 mm), so erhält man also für die Differenz der Brechungsquotienten nahezu wie früher $12/30.8 = 0.39$.

Die angegebenen absoluten Werthe der Brechungsquotienten des Holzes haben sehr wenig Bedeutung, da sie ungeheuer von dem Feuchtigkeitszustande des Holzes abhängen. Diess zeigte sich bei verschiedenen Parallelepipeden, die ebenfalls aus demselben grösseren Stücke Holz, aber parallel zu den Fasern geschnitten worden waren. So gab ein 29.5 mm dickes Stück $n = 1.96$, während für ein nur 19.6 mm dickes Stück, welches offenbar schon mehr ausgetrocknet war, $n = 1.67$, gefunden wurde. Dieses Stück gab nämlich, nachdem es drei Stunden im Wasser gelegen, wodurch sein Gewicht von 20.7 g auf 24.8 g stieg, $n = 2.27$, während es wieder bis auf 20.0 g getrocknet, einen Brechungsquotienten $n = 1.62$ hatte.

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: 1896

Band/Volume: [105_2a](#)

Autor(en)/Author(s): Lang Viktor Edler von

Artikel/Article: [Interferenzversueh mit elektrischen Wellen 253-262](#)