

8. *Eine bequeme Methode zur Demonstration des electricischen Brechungsexponenten von Flüssigkeiten; von P. Drude.*

(Nach den Berichten der sächs. Akad. 6. Mai 1895.)

Wenn electricische Wellen aus der Luft in eine isolirende Flüssigkeit übergehen, so verkürzt sich in letzterer die Wellenlänge. Das Verhältniss der Wellenlänge in der Luft zu der Wellenlänge in der Flüssigkeit wird der electricische Brechungsexponent der Flüssigkeit genannt. Nach der Theorie ist der electricische Brechungsexponent gleich der Quadratwurzel aus der Dielectricitätsconstante der Flüssigkeit. Die Erfahrung bestätigt diesen Satz durchaus.

Bisher fehlt es an einer bequemen Demonstrations- und Messmethode für den electricischen Brechungsexponenten. Man kann ihn, ganz analog wie den optischen Brechungsexponenten, bestimmen durch die Ablenkung, welche ein Prisma der zu untersuchenden Flüssigkeit electricischen Strahlen ertheilt, die durch den Hertz'schen Erreger mit parabolischem Hohlspiegel hergestellt werden können. Nach dieser Methode sind auch Messungen gemacht, und es hat nach ihr Ellinger¹⁾ sogar für Wasser und Aethylalkohol den electricischen Brechungsexponenten bestimmen können, was deshalb schwierig ist, weil beim Durchgang durch diese Flüssigkeiten die Intensität der electricischen Wellen durch zweimalige Reflexion an den beiden Grenzflächen eine starke Schwächung erleidet, sodass die Intensität nur 13 Proc. bez. 31 Proc. ihres ursprünglichen Werthes beträgt.

Diese und ähnliche Methoden, welche electricische Wellen benutzen, die sich frei durch die Luft hindurch fortpflanzen, sind zwar sehr interessant und instructiv, da sie den optischen Methoden nachgebildet sind; dass sie aber besonders bequem und stets zu einer sicheren Demonstration bereit wären, wird

1) H. Ellinger, Wied. Ann. 46. p. 108. 1893.

Niemand behaupten, der selbst nach diesen Methoden experimentirt hat. Entweder braucht man nämlich, wenn man verhältnissmässig lange und dafür kräftige Wellen benutzt (Wellenlänge vielleicht 60 cm), grosse Mengen Flüssigkeit und unhandliche Apparate, Prismen, Tröge etc., oder man arbeitet, wie es Righi zuerst gezeigt hat, bei kürzeren Wellen, von vielleicht 6 cm Wellenlänge in Luft, mit handlichen Apparaten, aber die Intensität der Wellen ist dann so gering, dass ihre Wirkungen überhaupt nur mit Anwendung sehr grosser Sorgfalt zu erkennen sind, sodass man hierauf eine möglichst genaue Messmethode nicht wird begründen können, vor allem aber keine bequeme Demonstrationsmethode.

Es muss daher vortheilhafter erscheinen, die längs zweier Paralleldrähte fortgepflanzten electricischen Wellen heranzuziehen, — Drahtwellen, wie ich kurz sagen will —, da deren Intensität grösser als die der Luftwellen ist, und da man durch geeignete Anordnungen¹⁾ leicht die störende Reflexion der Wellen an der Oberfläche stark brechender Körper vermeiden kann.

Die bisher benutzten Drahtwellen, wie sie nach den Anordnungen von Lecher oder Blondlot herzustellen sind, haben nur den Uebelstand, dass sie zu lang sind, und infolgedessen wieder unbrauchbar zur bequemen Demonstration, wiewohl gut geeignet zur exacten Messung, allerdings erst nach Beschaffung zum Theil umständlicher Hilfsmittel. Man erkennt dies aus den Arbeiten von Cohn (l. c), sowie von Arons und Rubens²⁾, die den dielectricischen Brechungsexponenten mit Hilfe von Drahtwellen bestimmt haben.

Ich suchte daher zunächst, kurze Drahtwellen von möglichster Intensität herzustellen. Die Anordnung, welche ich dazu am geeignetsten fand, möchte ich zunächst beschreiben.

Herstellung kurzer, kräftiger Drahtwellen.

In zwei parallelen Drähten kann man kräftige electricische Wellen herstellen sowohl nach der Methode von Lecher³⁾ als

1) Vgl. E. Cohn, Berl. Ber. Dec. 1891; Wied. Ann. **45**. p. 370. 1892.

2) L. Arons u. H. Rubens, Wied. Ann. **42**. p. 581. 1891.

3) E. Lecher, Wied. Ann. **41**. p. 850. 1890.

nach der Methode von Blondlot.⁴⁾ Bei ersterem besitzt der Erreger, d. h. die Anordnung, in welcher durch Ueberspringen eines Funkens primäre electrische Schwingungen erzeugt werden, verhältnissmässig grosse Capacität im Vergleich zu seiner Selbstinduction, dagegen ist im Blondlot'schen Erreger die Selbstinduction sehr gesteigert auf Kosten der Capacität. Dies muss vortheilhaft erscheinen, da hierdurch die Dämpfung der Schwingungen möglichst verringert wird, gerade wie bei zwei Federn gleicher Schwingungsdauer, von denen die eine grosse Masse und grosse Spannkraft, die andere dagegen geringe Masse und geringe Spannkraft besitzt, erstere ihre Schwingungen länger beibehält. In der That konnte ich auch durch Messungen der Längen von Secundärfunken oder durch Beobachtung des Leuchtens Geissler'scher Röhren, welche über die Parallel-

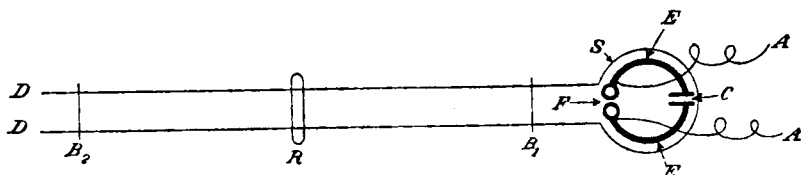


Fig. 1.

drähte gelegt wurden, constatiren, dass, wenn man Wellen gleicher Schwingungsdauer mit Hülfe der Lecher'schen und der Blondlot'schen Anordnung herstellt, letztere an Intensität den ersteren überlegen sind. — Ich halte deshalb die Blondlot'sche Anordnung für empfehlenswerther.

Bei einem bestimmten Erreger kann man nun allemal mehrere Schwingungen verschiedener Periode im Drahtsystem herstellen. Man kann dies in folgender Weise gut constatiren.

Es bedeute (vgl. Fig. 1) E, E die beiden Drähte des Blondlot'schen Erregers, welcher durch die Drähte A, A mit den Polen eines Ruhmkorff'schen Inductoriums verknüpft ist. F bedeutet die primäre Funkenstrecke, C ist ein kleiner Condensator, dessen Platten mit E, E verbunden sind. Die Erregerleitung EE ist nahe umspannt von der Secundärleitung S , welche in die Paralleldrähte DD übergeht. Letztere mögen

4) R. Blondlot, Compt. rend. **113**. p 628. 1891.

nun durch einen Metallbügel B_1 an einer beliebigen Stelle überbrückt werden. Das Drahtsystem: Erreger inclusive Secundärleitung bis zum Bügel B_1 hat nun eine bestimmte Eigenschwingungsdauer. Sie möge die *Hauptschwingung* genannt werden. Um zu erkennen, welche Schwingungen man hinter der Brücke B_1 durch die Hauptschwingung vor der Brücke kräftig erregen kann, lege man eine Geissler'sche Röhre R (sie kann electrodenlos sein, ich benutzte meist den electrodenfreien erweiterten Theil einer Zehnder'schen Röhre) über die Drähte DD in einiger Entfernung hinter der Brücke, und verschiebe nun einen zweiten Metallbügel B_2 , der noch jenseits der Geissler'schen Röhre über die Drähte gelegt wird. In einigen ganz bestimmten Stellungen von B_2 leuchtet die Röhre R hell auf. Dies tritt dann ein, wenn der Abstand von B_2 und B_1 ein Vielfaches einer halben Wellenlänge einer solchen Schwingung ist, die mit der Hauptschwingung in Resonanz steht. Man kann nun meist mehrere solcher Wellenlängen, deren Schwingungszahlen thatsächlich in den ganzzahligen Verhältnissen $1 : 2 : 3$ etc. zu einander stehen, mit dem Bügel B_2 abgreifen. Indess ergibt sich diejenige dieser *Secundärschwingungen*, deren Wellenlänge die grösste ist, an Intensität allemal weit überlegen über die anderen Secundärschwingungen; offenbar ist erstere diejenige Schwingung, welche mit der Hauptschwingung in Resonanz des Unisono steht. Ich will diese kräftigste secundäre Schwingung die *Grundschiwingung* nennen.

Wenn man die Capacität des Condensators C am Erreger ändert, z. B. verkleinert, so rücken alle Resonanzstellungen von B_2 näher an B_1 . Dies ist sofort verständlich, da die Hauptschwingung durch Verkleinern von C schneller wird.

Aber auch die Stellung des ersten Bügels B_1 hat Einfluss auf die Periode der Hauptschwingung, sie wird schneller, wenn B_1 nach dem Erreger hin verschoben wird. Nennt man d die Entfernung der Brücke B_1 von der primären Funkenstrecke F , so habe ich bei Erregern von sehr verschiedenen Dimensionen folgende Regel gefunden: Die halbe Wellenlänge der Grundschiwingung (d. h. die Distanz zwischen B_1 und der nächsten Stellung von B_2 für die kräftigste Wirkung) ist gleich der halben Wellenlänge, welche der freie Erreger (ohne von der Secundärleitung umgeben zu sein) besitzt, vermehrt um den

Term $a d$. Dabei ist a bei einer bestimmten Anordnung der Secundärleitung eine Constante, a wechselt jedoch bei Aenderung der Secundärleitung, z. B. des Abstandes zwischen den Paralleldrähten DD . Bei den von mir benutzten Leitungen, bei welchen jener Abstand von 2 cm bis 20 cm schwankte, lagen die Werthe von a zwischen 0,1 bis 0,6. — Wenn der Condensator vom Erreger EE abgenommen wird, so ist die halbe Wellenlänge des freien Erregers nahezu gleich seiner Länge. In der That war dann die halbe Wellenlänge der Grundschwingung gleich Erreger — Länge¹⁾ plus $a d$.

Die Intensität der von der Hauptschwingung angeregten Grundschwingung hängt von der Lage des Bügels B_1 und seiner Gestalt ab. Wenn man einen geraden Bügel B_1 durch einen gebogenen ersetzt, so werden alle Secundärschwingungen stärker.²⁾ Indess sind dann die Resonanzlagen der Brücke B_2 weniger scharf ausgeprägt, sodass es sich im allgemeinen mehr empfiehlt, gerade Brücken zu wählen. — Wenn die Brücke B_1 sehr nahe an der primären Funkenstrecke liegt (d sehr klein), so ist die Intensität der Grundschwingung gering. Mit Vergrössern von d wächst sie schnell und bleibt annähernd constant, bis dass sie wieder allmählich abnimmt, wenn d sehr gross wird. Am günstigsten scheint es zu sein, wenn die Länge der ganzen Secundärleitung bis zur Brücke B_1 (S vermehrt um die Länge der Drähte DD bis B_1) gleich oder etwas grösser ist als die Wellenlänge des freien Erregers, d. h. wenn sie etwa doppelt so lang ist als die Summe der Längen beider Erregerdrähte, falls kein Condensator C angeschlossen ist.

Mit Vergrösserung des Abstandes der Paralleldrähte DD voneinander wächst im allgemeinen die Intensität der Grundschwingung, und zwar aus zwei Gründen: 1. weil der Bügel B_1 dann länger wird, d. h. ein grösseres Drahtstück gemeinsam der Hauptschwingung und den Secundärschwingungen hinter B_1 angehört; 2. weil die Selbstinduction für letztere wächst und dadurch die Dämpfung vermindert wird. Der zweite Grund tritt im allgemeinen hinter dem ersten zurück, nur ist er zu

1) Es ist darunter die Summe der Längen beider Erregerdrähte verstanden.

2) Die Erscheinung habe ich schon früher (Wied: Ann 54. p. 360. 1895) angegeben und dort auch ihre Ursache besprochen.

beachten, wenn man die Distanz der Paralleldrähte DD klein wählen muss, wie es z. B. bei Erzielung kurzer Wellen nicht zu umgehen ist. Es ist dann zur Steigerung der Selbstinduction in der Secundärleitung günstig, die Drähte DD nicht sehr dick zu wählen (etwa 1 mm Durchmesser, falls die Distanz DD 2 cm beträgt). Die Dicke der Drähte DD , sowie EE hat im übrigen, wenn man sie nicht zu gering wählt, wenig Einfluss.

Die Intensität der Hauptschwingung einer bestimmten Drahtleitung ist grösser, wenn die Erregerdrähte EE einen Condensator C enthalten, als wenn sie dies nicht thun. Trotzdem ist es nicht günstig, allemal einen Condensator anzulegen, im Gegentheil ist seine Vermeidung besser und für die Herstellung sehr kurzer Wellen sogar nothwendig. Man muss nämlich berücksichtigen, dass durch die Anlegung eines Condensators auch die Wellenlänge der Hauptschwingung steigt. Eine langsamere Schwingung kann man aber auch herstellen durch längere Erregerdrähte EE ohne Condensator, welche von einer längeren Secundärleitung S umspannt werden. Es erweist sich letztere Anordnung als vortheilhafter, was auch leicht zu verstehen ist, da bei ihr die Induction des Erregers auf die Secundärleitung S gesteigert wird.

Wenn man also eine Drahtwelle von bestimmter Wellenlänge erzielen will, so wendet man am besten einen Erreger EE ohne Condensator an, dessen Gesammtlänge etwas kleiner als die Hälfte jener Wellenlänge ist. Die Secundärleitung S muss möglichst nahe EE umspannen, sodass gerade noch Funken- oder Büschelentladung zwischen S und EE vermieden werden.

Es sind nun noch einige Nebenumstände zu beachten. Für grössere Wellen (über 4 m) erhält man eine gut active Funkenstrecke F , falls man den Funken zwischen Zinkkugeln¹⁾ überschlagen lässt. Dieselben functioniren wochenlang gut, ohne dass sie ein Putzen erforderten. Für kleinere Wellen ist es vortheilhafter, den Funken zwischen zwei polirten Messingkugeln herzustellen, die in Petroleum oder Oel eintauchen. Für sehr schnelle Schwingungen (Wellenlänge kleiner als 1 m) erscheint dies Hilfsmittel sehr wichtig. Um Funken zwischen

1) Dies Mittel ist zuerst von Himstedt angegeben (Ber. der Oberh. Ges. f. Nat. u. Heilk. zu Giessen, Nr. 30, Wied. Ann. 52. p. 475. 1894).

dem Erreger EE und der Secundärleitung S zu vermeiden. ist es bei kurzen Wellen, falls der Erreger EE einen Kreis umfasst, der kleiner als 10 cm im Durchmesser ist, vortheilhaft, das ganze System, Erreger und Secundärleitung, in Petroleum eintauchen zu lassen. Man müsste sonst die Secundärleit so weit vom Erreger entfernen, dass die Induction zwischen beiden merklich Einbusse erleidet, da dann viel magnetische Kraftlinien des Erregers für die Secundärleitung verloren gehen. Dies Eintauchen des ganzen Erregers in Petroleum hat allerdings den Uebelstand, dass dadurch die Wellenlänge des freien Erregers im Verhältniss der Quadratwurzel aus der Dielectricitätsconstante des Petroleums, d. h. etwa 1,4 mal grösser ist, als wenn der Erreger in Luft liegt. Nach der oben gegebenen Regel wird dementsprechend auch die Wellenlänge der Hauptschwingung grösser.¹⁾ Trotzdem scheint mir die Anwendung eines Isolators zwischen Erreger und Secundärleitung bei kleinem Erreger nicht zu umgehen zu sein.

Die Länge der primären Funkenstrecke F ist, falls sie in Petroleum liegt, möglichst gross zu wählen, in Luft darf sie ein gewisses Maximum nicht überschreiten ($1/2 - 1$ cm).

Schliesslich ist die Wahl des den Erreger speisenden Ruhmkorff nicht gleichgültig. Je länger die Wellen sind, desto grösser kann er sein, dagegen sind für kurze Wellen kleinere Inductorien (mit Platinunterbrechung) vortheilhafter. Für Wellen der Länge 14—4 m benutze ich einen mit 4 Volt (zwei Accumulatoren) gespeisten Ruhmkorff (mit Quecksilberunterbrechung), der eine Luftstrecke von 4 cm Länge zwischen Spitzen durchschlagen konnte, zwischen 4 m und 60 cm Wellenlänge erwies sich ein kleinerer Ruhmkorff (mit Platinunterbrechung) von 2,5 cm Durchschlagskraft bei Speisung mit 6 Volt günstig, zwischen 60 cm und 12 cm Wellenlänge dagegen ein mit 4 Volt gespeister Ruhmkorff von 2 cm Durchschlagskraft.

1) Ich habe dies in der That durch besondere Versuche constatiren können (vgl. weiter unten).

2) Selbst bei sehr kräftigen Inductorien kann man sie nur wenig über 1 mm steigern.

Schliesslich habe ich die Wirkungen auch dadurch zu steigern versucht, dass ich die Secundärleitung S den Erreger EE nicht einmal, sondern zweimal umschlingen liess, bevor sie zu den Drähten DD geleitet wurde. Man erhält dann auch eine geringe Steigerung der Wirkung, aber auch solche Vergrösserung der Wellenlänge, dass man bei einfacher Umschlingung eines längeren Erregers bessere Resultate erhält. Deshalb wurde dieses Mittel wieder fallen gelassen.

Es ist nun selbstverständlich, dass die Wirkungen mit abnehmender Wellenlänge schwächer werden müssen, da der Erreger EE kleiner zu wählen ist. Trotzdem ist die Intensität selbst kurzer Wellen bei geeigneter Anordnung noch überraschend stark. Bis zur Wellenlänge 70 cm leuchteten empfindliche Geissler'sche Röhren stark auf und zeigten Kathodenlicht, wenn sie einfach über die Drähte DD gelegt wurden, zwischen 70 cm und 25 cm Wellenlänge sprach noch der erweiterte Theil einer Zehnder'schen Röhre¹⁾ gut an, zwischen 25 cm und 12 cm Wellenlänge kann man gut ein von Righi²⁾ angewandtes höchst empfindliches Reagens auf Potentialschwankungen benutzen, nämlich einen versilberten Glasstreifen (oder ein Stück gewöhnlichen Glasspiegels), durch dessen Metallbelegung mit dem Diamanten ein schmaler Riss gezogen ist. Legt man diesen Streifen mit der Glasseite auf die Drähte DD , so stört er den Schwingungszustand in ihnen nicht merklich. Liegt der Streifen nicht auf einem Knoten der Potentialschwankungen, so tritt ein lebhaftes Funkenspiel im Riss der Metallbelegung ein. Dieser Riss braucht gar nicht sehr fein zu sein, er kann $\frac{1}{20}$ mm betragen. Letzterer Umstand spricht dafür, dass diese Drahtwellen viel intensiver sind, als die von Righi hergestellten Luftwellen gleicher Länge, da diese erst bei ganz feinen Rissen von wenigen Tausendstel Millimetern Breite ein secundäres Funkenspiel veranlassen.

Der kleinste Erreger ist in der Fig. 1 in *natürlicher Grösse* abgebildet.³⁾ Er besteht aus zwei kreisförmig gebogenen Drahtstückchen von 1,5 mm Dicke, die an ihrem einen Ende

1) Zehnder, Wied. Ann. 47. p. 82. 1892.

2) A. Righi, Rend. de R. Acc. dei Lincei 11. 1. Sem. p. 505. 1893.

3) Man muss sich nur den in der Figur gezeichneten Plattencondensator C fortdenken.

Messingkügelchen von 3 mm Durchmesser tragen. Der Erreger E, E schliesst einen Kreis von 1 cm Radius ein. Die Drahtstücke E, E sind an zwei dünne Siegelackstängchen (in der Figur nicht gezeichnet) gekittet; an diesen werden sie durch zwei Stative gehalten und in das Petroleum eingesenkt. Die Zuleitung A, A zum Ruhmkorff muss unmittelbar an den Messingkügelchen geschehen, da sie sonst stören würde. An der Funkenstrecke liegt nämlich ein Knoten der Potentialschwankungen, dort kann man ohne Störung Drähte anlegen. Der Erreger ist von einer Secundärleitung aus $\frac{1}{3}$ mm starkem Kupferdraht umgeben, die Leitung ist an eine Glasröhre gekittet und wird durch sie gehalten. Die Fig. 1 stellt auch die Secundärleitung in natürlicher Grösse dar. Bei einigen Versuchen ist die Secundärleitung nur länger gewählt, als es der Figur entspricht. Die Distanz der Paralleldrähte DD beträgt $\frac{1}{2}$ cm.

Mit diesem kleinen Apparate kann man sämmtliche Versuche Lecher's über die electrische Resonanz en miniature

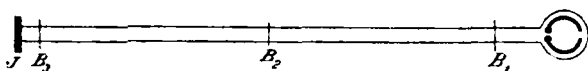


Fig. 2.

wiederholen. In der Fig. 2 ist z. B. ein von mir beobachteter Fall in halber natürlicher Grösse dargestellt, dass gleichzeitig drei Brücken B_1, B_2, B_3 aufliegen, die je 6 cm voneinander entfernt sind. Die halbe Wellenlänge ist also nahezu (abgesehen von einer kleinen Correction) 6 cm. Bei dieser Brückenlänge spricht das am Ende der Drähte DD aufgelegte Stück Spiegelglas J mit kräftigen Secundärfunken an; bei geringer Verschiebung einer der Brücken verschwinden diese Funken. Sämmtliche Brücken können, ohne dass eine Aenderung eintritt, an ihren Mitten metallisch zur Erde abgeleitet werden. Die letzte Brücke B_3 liegt näher als auf $\frac{1}{4}$ Wellenlänge, d. h. näher als 3 cm an dem Glasstreifen J , weil dieser die Capacität der Drahtenden DD merklich steigert

Zum Schluss gebe ich die halben Wellenlängen der Hauptschwingungen bei einigen der von mir benutzten Erregern an. Die erste Brücke B_1 ist in der Nähe der primären Funken-

strecke aufgelegt. Daher ist nach der oben auseinandergesetzten Regel die halbe Wellenlänge nahe gleich der Erregerlänge, falls der Erreger in Luft liegt und keinen Condensator enthält. In der Tabelle bedeutet D den Durchmesser des vom Erreger eingeschlossenen Kreises, L die Länge des Erregers ($L = \pi D$), $\frac{1}{2}\lambda$ die halbe Wellenlänge der Hauptschwingung. $\frac{1}{2}\lambda^*$ bedeutet die halbe Wellenlänge der Hauptschwingung, falls an die Enden des Erregers EE ein Condensator, bestehend aus zwei kreisförmigen Messingplatten von 10 cm Durchmesser und 2 cm Abstand, angelegt ist.

Wenn man diese Versuche wiederholt, so wird man nicht stets genau die in der Tabelle angegebenen $\frac{1}{2}\lambda$ wiederfinden. Dazu müsste die Lage des Bügels B_1 genauer angegeben sein. Aber zur Orientirung über die zu erwartenden Verhältnisse ist wohl die mitgetheilte Tabelle nützlich. — Alle Zahlen bedeuten Längen in Centimetern gemessen.

D	L	$\frac{1}{2}\lambda$,	$\frac{1}{2}\lambda^*$	
180	565	$\frac{1}{2}\lambda^*$	684	Erreger in Luft
		$\frac{1}{2}\lambda$	566	
60	188	$\frac{1}{2}\lambda^*$	295	
		$\frac{1}{2}\lambda$	192	
20	63	$\frac{1}{2}\lambda^*$	132	Erreger in Petroleum
		$\frac{1}{2}\lambda$	70	
10	31	$\frac{1}{2}\lambda$	36	
		$\frac{1}{2}\lambda$	52	
5	16	$\frac{1}{2}\lambda$	30	Erreger in Petroleum
2	6	$\frac{1}{2}\lambda$	13	
1	3	$\frac{1}{2}\lambda$	6	

In der Tabelle ist die Schwingung des Erregers von 31 cm Länge einmal für Luft und einmal für Petroleum angegeben. Das Verhältniss dieser Wellenlängen ist $52 : 36 = 1,44$; das Quadrat dieser Zahl ist 2,08, d. h. in guter Uebereinstimmung mit der Dielectricitätsconstante, welche sonst für Petroleum angegeben wird.

Demonstrationsmethode des electrischen Brechungsexponenten von Flüssigkeiten.

Der electrische Brechungsexponent von Flüssigkeiten wird am einfachsten ermittelt, wenn man die Paralleldrähte *DD* durch eine Schicht der zu untersuchenden Flüssigkeit hindurch leitet. Da genügend kurze Wellen zu Gebote stehen, so kann man schon mit geringen Flüssigkeitsquantitäten auskommen. Indess empfehlen sich zur Demonstration die in der vorigen Tabelle angegebenen Erreger für die kürzesten Wellen nicht, weil bei ihnen die Manipulationen durch die Kleinheit aller

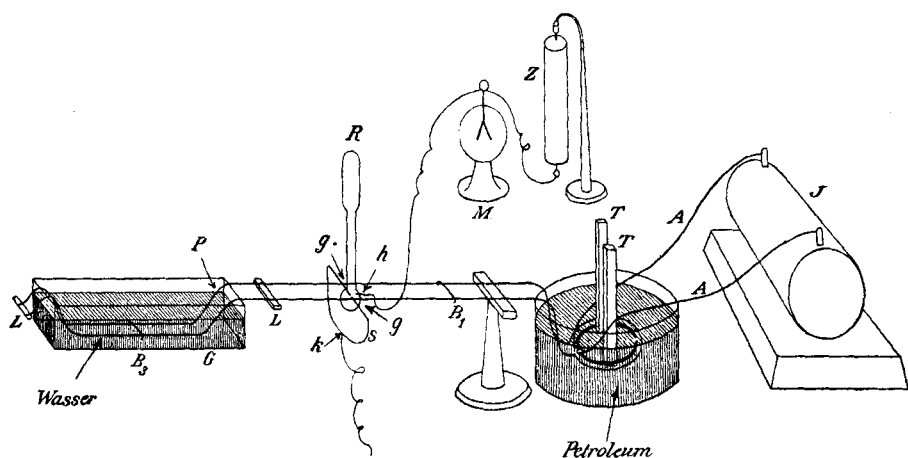


Fig. 3.

Verhältnisse unbequem werden und auch die Wirkungen nicht sehr kräftig sind. Der Erreger, dessen Kreisfläche 5 cm Durchmesser besitzt, der also ungefähr 60 cm lange Wellen liefert, scheint mir für den vorliegenden Zweck am geeignetsten.

Wenn man nun diesen Erreger benutzt und die Paralleldrähte *DD* der Secundärleitung, denen ich 2 cm Abstand gab, durch eine Flüssigkeitsschicht hindurch leitet, was man bei geeigneter Biegung der Drähte *DD* bequem erreichen kann, indem sie einen Trog durchsetzen (vgl. Fig. 3), so kann man zwar bei den Flüssigkeiten mit nicht sehr grosser Dielectricitätsconstante die Fortsetzung der electrischen Schwingungen durch die Flüssigkeit hindurch verfolgen, indem eine, über die Drähte

hinter der Flüssigkeit gelegte Zehnder'sche Röhre gut leuchtet; jedoch bei Wasser, Alkohol, Glycerin und überhaupt Flüssigkeiten von grosser Dielectricitätsconstante ist keine Schwingung hinter ihnen wahrzunehmen. Sie ist im Innern der Flüssigkeit nicht vorhanden, und auch im allgemeinen nicht einmal vor der Flüssigkeit, falls man irgendwo eine Brücke B_1 auf die Drähte DD nahe beim Erreger auflegt. Nur vor B_1 sind Schwingungen vorhanden, ebenso treten sie vor der Flüssigkeit auf, wenn B_1 ganz fortgenommen wird.

Der Grund dieser Erscheinung ist die starke Reflexion der electricischen Wellen beim Eintritt in eine Flüssigkeit von hoher Dielectricitätsconstante.

Wenn die Drähte DD an einer Stelle P in eine Wasseroberfläche eintreten, so hat das nahezu denselben Effect, als ob man bei P die Drähte leitend überbrückt. Wenn man nun aber eine Brücke B_1 schon nahe am Erreger aufgelegt und dadurch eine bestimmte Hauptschwingung geschaffen hat, so können hinter B nur an ganz bestimmten Stellen Brücken B_2, B_3 etc. aufgelegt werden, falls die electricischen Schwingungen zur Ausbildung kommen sollen. Diese Stellen sind Schwingungsknoten der electricischen Kraft einer mit der Hauptschwingung resonirenden Secundärschwingung. Damit also z. B. im Wasser Schwingungen zu Stande kommen, ist nothwendig, dass sowohl Eintrittsstelle als Austrittsstelle der Drähte DD ins Wasser bez. aus dem Wasser an Knoten der Secundärschwingung liegen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Lage des zweiten Knotens (an der Austrittsstelle) von der Wellenlänge der Schwingung im Wasser bestimmt wird. Damit die Schwingungen auch hinter dem Wasser vorhanden sind, ist ferner nothwendig, dass entweder, falls die Drähte DD frei endigen, ihre Länge hinter dem Wasser gleich einem ungeraden Vielfachen von $\frac{1}{4}$ Wellenlänge der betreffenden Secundärschwingung (in Luft) ist, oder, falls die Drähte DD hinter dem Wasser an irgend einer Stelle B überbrückt sind, diese Brücke B um ein Vielfaches einer halben Wellenlänge von der Austrittsstelle aus dem Wasser abstehen muss.

Man sieht, dass hier so viel Bedingungen zu erfüllen sind, dass das Verfahren zu complicirt zu einer Demonstrationsmethode wird.

Man könnte zweckmässiger in der von Cohn (l. c.) angewandten Weise verfahren, indem man zunächst die Eintrittsstelle der Drähte ins Wasser überbrückt (Brücke B_2), sodann die Lage einer Brücke B_1 vor dem Wasser aufsucht, sodass zwischen B_1 und B_2 lebhaftere Schwingungen entstehen, und schliesslich im Wasser eine dritte Brücke B_3 hinter B_2 derartig verschiebt, dass auch im Wasser zwischen B_2 und B_3 Schwingungen entstehen. Dann ist die Distanz l' zwischen B_2 und B_3 nahezu gleich der halben Wellenlänge im Wasser, die Distanz l zwischen B_1 und B_3 gleich der halben Wellenlänge in Luft, das Verhältniss $l:l'$ ist gleich dem electrischen Brechungsexponenten, d. h. gleich der Quadratwurzel aus der Dielectricitätsconstante des Wassers.

Aber es ist schwierig und unbequem, die electrischen Schwingungen im Wasser zu beobachten.

Man kann nun aber aus dem Zustande der Schwingungen zwischen B_1 und der Eintrittsstelle der Drähte ins Wasser einen Schluss auf die Schwingungen im Wasser, d. h. zwischen der Eintrittsstelle und dem Bügel B_3 ziehen, falls man die Brücke B_2 an der Eintrittsstelle fortlässt.¹⁾ Die Schwingungen vor dem Wasser werden nämlich nur dann durch die Reflexion an der Brücke B_3 im Wasser nicht gestört, wenn B_3 um das Vielfache einer halben Wellenlänge der Schwingung im Wasser von der Eintrittsstelle entfernt ist (d. h. wenn B_3 auf einem Knoten der electrischen Kraft liegt), dagegen werden die Schwingungen durch Reflexion an B_3 völlig vernichtet, wenn B_3 um ein ungerades Vielfaches von $\frac{1}{4}$ Wellenlänge der Schwingung im Wasser von der Eintrittsstelle entfernt ist. (An diesen Stellen liegt nämlich ohne Brücke B_3 ein Schwingungsbauch der electrischen Kraft.)

Thatsächlich beobachtet man nun auch, wenn eine Zehnder'sche Röhre etwa in der Mitte zwischen B_1 und der Eintrittsstelle der Drähte ins Wasser über dieselben gelegt wird, dass bei Verschieben einer Brücke B_3 im Wasser successive helles Leuchten der Röhre und völliges Erlöschen eintritt. Diese Lagen der Brücke B_3 stehen um gleichviel voneinander

1) Trotzdem werden die electrischen Schwingungen an der Eintrittsstelle P der Drähte ins Wasser nicht reflectirt, weil infolge der Lage der Brücke B_1 die Stelle P ein Knoten der electrischen Kraft ist.

ab; dieser Abstand ist gleich $\frac{1}{4}$ Wellenlänge der Schwingung in Wasser.

Da die Wellenlänge im Wasser wegen seines hohen Brechungsindex sehr verkürzt wird, so kann man schon bei einem kleinen Trog zahlreiche Maxima und Minima beobachten. Ich benutzte einen Glastrog von 18 cm Länge; da die halbe Wellenlänge im Wasser 4 cm betrug, so konnte ich acht deutlich vorhandene Maxima und Minima in diesem Trog abgreifen.

Die Leuchtwirkung der Schwingungen ist zwar für einen Beobachter für Messzwecke sehr bequem zu verwerthen, indess zur Demonstration für ein grösseres Publikum ist sie unbequem, da man im verdunkelten Zimmer operiren muss. Man kann nun zur Demonstration sehr gut in dem luminescirenden Gasraum ein von einer Trockensäule geladenes Electroskop sich entladen lassen.¹⁾ Es gelingt dies am besten so, dass man die Glimmelectroden der Zehnder'schen Röhre durch einen Kupferdraht von 14 cm Länge verbindet. Dann wird durch diesen Kupferdraht und die Glimmelectroden ein Resonator gebildet, der mit der Hauptschwingung in Resonanz steht. Man erreicht dadurch zugleich den Vortheil erhöhter Empfindlichkeit, da die Eigenschwingung der Zehnder'schen Röhre die in leitenden Flüssigkeiten eintretende Dämpfung der electrischen Wellen für das Leuchten der Röhre weniger störend macht.²⁾ Durch dieses Mittel ist es auch möglich, Alkohol und Glycerin ebenso sicher und bequem untersuchen zu können, wie gut isolirende Substanzen geringer Brechbarkeit, z. B. Petroleum.³⁾

1) Vgl. P. Drude, Wied. Ann. 52. p. 499. 1894.

2) Es ergibt sich unzweifelhaft, dass das Leuchten einer evacuirten Röhre um so stärker ist, je regelmässiger und ungedämpfter die electrischen Schwingungen sind. Dies hat schon H. Ebert und E. Wiedemann in Wied. Ann. 50. p. 223. 1893 hervorgehoben. Hierfür spricht auch, dass eine directe metallische Verbindung der Glimmelectroden mit den Drähten *DD* gar kein Leuchten hervorrief.

3) Wasser, selbst Kupfervitriollösung von nicht zu hoher Concentration (spec. Gewicht nicht über 1,1) macht von vornherein keine Schwierigkeiten, d. h. weniger wie Alkohol und Glycerin, was deshalb verwunderlich ist, weil letztere Flüssigkeiten für statische Ladungen besser isoliren, als wässrige Salzlösungen. Ich kann zunächst nichts

Man kann die Zehnder'sche Röhre entweder als Reagens für die electriche Kraft benutzen, dann ist sie in die Mitte zwischen der Brücke B_1 und der Eintrittsstelle der Drähte ins Wasser aufzustellen, die von der Resonatorleitung umgrenzte Fläche muss senkrecht zu den Drähten DD stehen (vgl. Fig. 3) oder als Reagens für die magnetische Kraft; dann ist die Fläche parallel mit den Drähten DD zu legen und zwar in der Nähe der Eintrittsstelle der Drähte ins Wasser. Die in die luminescirende Gasstrecke hineinragende Haupt-electrode h der Zehnder'schen Röhre wird mit dem Electroskop und einem Pol einer Trockensäule verbunden, der Punkt k der Resonatorleitung (vgl. Fig. 3), sowie der andere Pol der Trockensäule sind an Erde gelegt.

Behufs grösserer Deutlichkeit ist die ganze Anordnung in Fig. 3 zusammen dargestellt. J bedeutet das Inductorium, es wird von 3 Accumulatoren (in Reihe) gespeist und hat 2,5 cm Schlagweite in Luft. Die Drähte AA führen an die Entladungskugeln des Erregers EE . Diese sind Messingkugeln von 6 mm Durchmesser, der Erreger besteht aus zwei halbkreisförmig gebogenen 3 mm starken Kupferdrähten von 7,5 cm Länge, die eine Kreisfläche von 5 cm Durchmesser umgrenzen. Die Enden der Drähte EE gegenüber der Funkenstrecke sind 4 mm voneinander entfernt. Dieser Erreger ist an zwei Siegelackstangen TT gekittet, an welchen er gehalten und in das Petroleumbad getaucht wird. Vor dem Eintauchen werden die Entladungskugeln mit feinstem Schmirgelpapier Nr. 0000 abgerieben.

Die den Erreger umgebende Secundärleitung S besteht aus 1 mm starkem Kupferdraht. Er ist in Form eines 5,5 cm im Durchmesser haltenden Kreises gebogen, der aber eine Oeffnung von 2 cm besitzt. An deren Enden ist der Draht umgebogen und geht als Paralleldrähte DD aus dem Petroleum heraus, welche zur besseren Stabilität in zwei schmale Siegelackbrücken L, L eingekittet sind. Die gegenseitige Distanz der Drähte beträgt 2 cm, ihre Länge von der Umbiegung an bis zum Ende 64 cm. Die Secundärleitung S umgibt den Erreger EE in einem Abstand von 1—2 mm. In einer Distanz

Sicheres sagen über dieses auffällige Verhalten, vermüthe aber, dass in Glycerin der gute Contact zwischen Bügel B_2 und Drähten DD durch einfaches Auflegen nicht genügend gesichert ist.

von 23 cm vom Ende sind die Paralleldrähte in der aus der Figur ersichtlichen Weise gebogen¹⁾, sodass sie in einen Glastrog G von 18 cm Länge, 5 cm Breite und 4 cm Tiefe eingehängt werden können.

Etwa 18 cm vor diesem Glastrog ist eine Zehnder'sche Röhre R zwischen die Drähte geschoben, in der aus der Figur ersichtlichen Stellung. s ist ein 13,5 cm langer, 1 mm dicker Kupferdraht, um den die an die Glimmelectroden g, g der Zehnder'schen Röhre angelötheten Platindrähte umgewickelt sind. Die ganze Länge der Resonatorleitung s inclusive Glimmelectroden g, g beträgt 23 cm. Der Punkt k von s ist zur Erde abgeleitet. Die der Glimmstrecke bei g, g nahe eingeschmolzene Hauptelectrode h der Zehnder'schen Röhre ist mit dem Electroskop M leitend verbunden. Dieses wiederum mit dem einen Pole der Zamboni'schen Säule Z , deren anderer Pol zur Erde abgeleitet ist. Wenn der Raum zwischen g, g und h nicht luminescirt, so stehen die Goldblätter von M ruhig gespreizt, dagegen fallen sie bei Luminescenz sofort zusammen.

Die Manipulationen sind nun folgende: In den Trog G wird irgend eine Flüssigkeit, sagen wir gewöhnliches Leitungswasser, eingegossen. Es wird ein Bügel B_2 (ein 2 cm langes, mit Häkchen versehenes Drahtstück von 1 mm Dicke) über die Drähte DD an ihrer Eintrittsstelle P ins Wasser übergelegt. Das Inductorium wird in Gang gesetzt und die Entladungskugeln des Erregers werden möglichst weit (etwa $\frac{1}{2}$ mm) auseinandergezogen, indem man den einen Träger T eines Erregerdrahtes etwas verschiebt; sofort fallen die Goldblätter zusammen.

Sodann wird eine zweite Brücke B_1 zwischen Erreger und Zehnder'scher Röhre über die Drähte DD gelegt. Dann spreizen die Goldblätter im allgemeinen wieder. Nur bei einer bestimmten Lage von B_1 fallen die Goldblätter wieder zusammen. Diese Lage wird aufgesucht durch Verschieben von B_1 , und es wird dann B_1 dort belassen. Bei der getroffenen Anordnung liegt B_1 etwa 36 cm von B_2 entfernt.

1) Wie ich durch besondere Versuche feststellte, störten diese Biegungen die Schwingungen nicht merklich.

Schiesslich wird die Brücke B_2 mit Hülfe einer Pincette allmählich ins Wasser geschoben. (Von nun an spielt die Brücke die Rolle der vorhin bezeichneten Brücke B_3 . Sie wird daher jetzt B_3 genannt werden. B_2 existirt nun nicht mehr.) Bei Verschiebung um 2 cm gehen plötzlich die Goldblätter auseinander und stehen ruhig. Diese Distanz entspricht $\frac{1}{4}$ Wellenlänge der Schwingung im Wasser. Bei weiterem Verschieben von B_3 fallen die Goldblätter wieder zusammen, um, falls B_3 auf 6 cm verschoben ist, wieder ruhig zu spreizen. Man erhält so in dem kleinen Troge vier Stellen des B_3 , für welche die Goldblätter spreizen (Bäuche der electricischen Kraft, vgl. oben p. 13) und vier dazwischen liegende Stellen kräftigsten Zusammenfallens (Knoten der electricischen Kraft). Je nach der Intensität der Schwingungen, d. h. der Distanz, welche man den Entladungskugeln des Erregers gibt, sind entweder die Knotenstellungen oder die Bäuche schärfer zu ermitteln. — Die Distanz aufeinanderfolgender Knoten oder Bäuche beträgt beim Wasser für 17° C. nahezu¹⁾ 4 cm, die halbe Welle in Luft (Entfernung des B_1 vom Wasser) beträgt 36 cm, daher ist der electricische Brechungsexponent des Wassers

$$n = 36 : 4 = 9$$

und die Dielectricitätsconstante

$$\epsilon = n^2 = 81.$$

In dieser Weise kann man jede, nicht allzu gut leitende Flüssigkeit untersuchen, z. B. auch Alkohol und Glycerin sehr gut. Die Flüssigkeiten werden einfach in den Trog G eingegossen. Der Bügel B_1 kann liegen bleiben, es müssen nur die neuen Knotenstellungen des Bügels B_3 aufgesucht werden. — Für Flüssigkeiten mit geringer Dielectricitätsconstante, wie z. B. Petroleum ($\epsilon = 2$) erhält man im Trog nur einen Bauch für B_3 . Will man mehrere Knoten und Bäuche nachweisen, so müsste man einen längeren Trog und längere Drahtleitung verwenden.

Man kann nach dieser Methode auch nachweisen, dass Leitfähigkeit und Dielectricitätsconstante ganz unabhängig voneinander sind. Wenn man nämlich von destillirtem Wasser

1) Genauere Zahlen sind unten mitgetheilt.

ausgeht und in ihm die Knoten und Bäuche aufsucht, so ändert sich ihre Lage durchaus nicht, wenn man z. B. Kupfervitriol zusetzt. Die Leitfähigkeit stört nämlich bei dieser Methode deshalb wenig, weil die Schwingungen sehr schnell sind.¹⁾ — Der Effect der Leitfähigkeit, falls sie nicht sehr gross wird, besteht in einer Dämpfung der in der Flüssigkeit fortgepflanzten Wellen; daher sind die Knoten- oder Bauchstellungen der Brücke B_3 in dem Leuchten der Zehnder'schen Röhre um so weniger scharf wahrzunehmen, je weiter B_3 in die Flüssigkeit hineingeschoben wird. — Man kann aber immerhin noch zwei bis drei Bäuche deutlich constatiren, selbst wenn das Wasser schon sichtlich blau gefärbt ist. Wenn also die Leitfähigkeit etwa 1000 mal grösser wird, so ändert sich trotzdem die Dielectricitätsconstante nicht merklich. — Bei einer 10proc. Kupfervitriollösung war noch der erste Bauch hinter der Eintrittsstelle P der Drähte in die Lösung deutlich zu constatiren; am besten gelingt dies, wenn die Zehnder'sche Röhre als Reagens für die magnetische Kraft in der Nähe von P über die Drähte gelegt wird (vgl. oben p. 647). Die folgenden Bäuche der electricischen Kraft waren nicht mehr zu erkennen, die Röhre hörte nicht mehr auf, zu leuchten, wenn B_3 über den ersten Bauch hinausgeschoben wurde.

Wie aus der Beschreibung ersichtlich ist, sind zur Anwendung der Methode nur sehr geringe Hilfsmittel nöthig. Wenn ein geeignetes Inductorium fehlt, so wird auch eine gute Influenzmaschine das Erforderliche leisten, und wer die Beschaffung oder Selbstanfertigung einer Zehnder'schen Röhre²⁾ vermeiden will, kann sich auch mit einem Streifen Spiegelglas behelfen (vgl. oben p. 640), welches über die Drähte DD gelegt wird und in dessen Metallbelegung ein schmaler Riss gezogen ist. Die dort springenden Secundärfunken können

1) Vgl. dazu P. Drude. Physik des Aethers, p. 549. Stuttgart 1894. Nach den dort ausgeführten Berechnungen ergibt sich, dass für die hier benutzten Wellen in einer 1proc. Kupfervitriollösung die Stärke der sogenannten Verschiebungsströme noch etwa fünfmal grösser ist, als die der Leitungsströme. Bei einer 10proc. Kupfervitriollösung sind beiderlei Arten Ströme etwa von gleicher Grössenordnung.

2) Sie ist aus Freiburg vom Glasbläser Kramer zu beziehen.

zur Electroskopentladung ebenso herangezogen werden, wie der luminescirende Gasraum einer Zehnder'schen Röhre. Indess functionirt letztere immerhin sicherer als ein Glasstreifen, da dieser auch in Bauchstellungen der Brücke B_3 öfter noch Funken zeigt. Zur möglichst sicheren Demonstration ist daher eine Zehnder'sche Röhre vorzuziehen.

Zum Schluss gebe ich noch einige, vorläufig nur roh angestellte Beobachtungen. Die Temperatur betrug 17°C .

Destillirtes Wasser.

Die Brücke B_1 lag um 36 cm entfernt von der Eintrittsstelle P . Die mitgetheilten Zahlen geben die Entfernung der Brücke B_3 von P in Centimetern an.

Knoten:	Bäuche:
0	
4,0; 4,2	1,8; 1,8
8,5; 8,7	6,8; 6,5
12,0; 12,0	10,8; 10,5

die Mittelwerthe sind

Knoten:	0	4,1	8,6	12,0
Bäuche:	1,8	6,6	10,6	

Daraus folgt ¹⁾ die halbe Wellenlänge im Wasser im Mittel zu $\frac{1}{2}\lambda' = 4,14 \text{ cm}$ mit einem wahrscheinlichen Fehler von $\pm 0,18 \text{ cm}$. Es ergibt sich daher der Brechungsexponent des Wassers, da die halbe Wellenlänge in Luft (nahezu) $\frac{1}{2}\lambda = 36 \text{ cm}$ beträgt:

$$\lambda : \lambda' = 36 : 4,14 = 8,7$$

und die Dielectricitätsconstante zu

$$\epsilon = 76 \pm 6.$$

Kupfervitriollösungen.

Zum besseren Vergleich sind auch die successiven Knoten und Bäuche im reinen Wasser wieder mitgetheilt:

Wasser	0	1,8	4,1	6,6	8,6
$\frac{1}{2} \%$ Lösung	0	1,8	4,0	6,7	8,6
10 % Lösung	0	1,8	—	—	—

1) Bei der Berechnung ist eine gewisse additive Correctionsgröße bei allen Brückenstellungen mit berücksichtigt (vgl. dazu Cohn, Wied. Ann. 45. p. 374. 1892).

Die Dielectricitätsconstante ist also durch die Auflösung des Salzes nicht beeinflusst, wenigstens nicht in einer für rohe Messungen merklichen Weise.

Aethylalkohol. Spec. Gewicht 0,796.

Knoten: 0 7,5
Bäuche: 3,5 11,0

$$\frac{1}{2}\lambda' = 7,6, \quad \frac{1}{2}\lambda = 36, \quad \lambda:\lambda' = 4,74, \quad \epsilon = 22,5.$$

Glycerin.

Knoten: 0 6,8
Bäuche: 3,3

$$\frac{1}{2}\lambda' = 7,0, \quad \frac{1}{2}\lambda = 36, \quad \lambda:\lambda' = 5,15, \quad \epsilon = 26,5.^1)$$

Petroleum.

Die bisher benutzten Wellen von $\frac{1}{2}\lambda = 36$ cm sind zu lang, als dass man in dem benutzten Glastrog eine halbe Wellenlänge $\frac{1}{2}\lambda'$ der Schwingung in Petroleum hätte beobachten können. Man kann sich aber in diesem Falle so helfen, dass man als Secundärschwingung die Octave der Hauptschwingung benutzt. Wenn man zunächst den Bügel B_2 an der Eintrittsstelle P der Drähte ins Petroleum auflegt, so kann man auch noch eine Brücke B_1 in einer Entfernung von 21 cm von P anbringen²⁾, sodass lebhafte Schwingungen zwischen B_1 und B_2 entstehen. Dann ergibt sich durch Verschiebung der Brücke B_3 (nach Fortnahme von B_2), dass wiederum ein Maximum eintritt, falls B_3 um 15 cm ins Petroleum geschoben ist. Es ist daher

$$\frac{1}{2}\lambda = 21, \quad \frac{1}{2}\lambda' = 15, \quad \lambda:\lambda' = 1,4, \quad \epsilon = 2,0.$$

1) Ch. B. Thwing (Ztschr. f. phys. Chem. 14. p. 286. 1894) gibt für Glycerin $\epsilon = 56,02$ bei langsameren Schwingungen. Ich muss vorläufig mein Resultat bei Glycerin für unsicher halten, da wegen der bei Glycerin besonders auffälligen Dämpfung der Schwingungen vermuthlich Contactfehler zwischen Bügel B_2 und Drähten DD bestanden haben (vgl. oben p. 646, Anm. 3).

2) Die Entfernung 21 cm ist nicht genau gleich der Hälfte der früher benutzten Entfernung (36 cm), sondern etwas grösser, weil durch Verschiebung des Bügels B_1 die Hauptschwingung etwas langsamer geworden ist (vgl. oben p. 637).

Bei Flüssigkeiten von geringem Brechungsvermögen, wie Petroleum, kann man auch etwas anders verfahren. Man biegt die Drähte DD nach unten (vgl. Fig. 4a und 4b) und grenzt zunächst zwischen zwei Brücken B_1 und B_2 eine kräftige Schwingung in Luft ab (Fig. 4a). Die Distanz der Brücken möge d sein. Sodann verschiebt man die Brücke B_2 auf eine um ein paar Centimeter nähere Distanz d' heran. Die Schwingungen hinter B_1 verlöschen dadurch. Wenn man aber jetzt von unten einen mit Petroleum gefüllten Glaszylinder über die Brücke B_2 heraufführt, sodass DD ins Petroleum tauchen (vgl. Fig. 4b), so treten wieder lebhaftere Schwingungen zwischen B_1 und B_2 auf, wenn die Drähte DD auf eine ganz bestimmte Länge l eintauchen. Es ergibt eine einfache Ueberlegung, dass, falls λ bez. λ' die Wellenlängen in Luft bez. Petroleum bedeuten, sein muss:

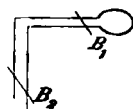


Fig. 4a.

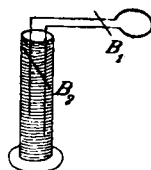


Fig. 4b.

$$\frac{d}{\lambda} = \frac{1}{2} = \frac{d' - l}{\lambda} + \frac{l}{\lambda'}$$

Daraus folgt:

$$\frac{\lambda}{\lambda'} = \frac{l + d - d'}{l}$$

$$\epsilon = \left(\frac{l + d - d'}{l} \right)^2$$

So betrug bei einem Versuch

$$d = 34,5 \text{ cm}, \quad d - d' = 3,6 \text{ cm}, \quad l = 8,5 \text{ cm}.$$

Hieraus folgt

$$\frac{\lambda}{\lambda'} = \frac{12,0}{8,5} = 1,41, \quad \epsilon = 2,0.$$

Von der beschriebenen Methode möchte ich hier vorläufig ihre Brauchbarkeit zur Demonstration hervorgehoben haben, da sie absolut sicher functionirt, wenig Zurichtung erfordert und sehr bequem ist. Die Methode kann auf Flüssigkeiten von verhältnissmässig hoher Leitfähigkeit angewandt werden, z. B. auf alle verdünnten Salzlösungen, und man braucht dabei die Leitfähigkeit durch nichts zu compensiren.

Doch auch zu genauen Messzwecken kann die Methode herangezogen werden, am genauesten in der Weise, dass die Intensität der electricischen Schwingungen zwischen erster Brücke B_1 und Flüssigkeit quantitativ gemessen wird in ihrer Abhängigkeit von der Stellung der Brücke B_3 in der Flüssigkeit. Man kann dazu z. B. bequem die Messung des galvanischen Widerstandes des luminescirenden Gasraumes der Zehnder'schen Röhre heranziehen, wie ich es schon früher zum Zwecke anderer Messungen gethan habe.¹⁾ Auch kann man dadurch zugleich einen Schluss auf die Leitfähigkeit der Flüssigkeiten machen, wenn man die successive Verschlechterung der Minima in den aufeinanderfolgenden Knotenstellungen der Brücke B_1 misst.²⁾ — Es hat die Untersuchung dieser Frage wohl deshalb Interesse, weil die Leitfähigkeit verdünnter Lösungen für schnelle Schwingungen noch nicht gemessen ist.

Bei wesentlich besser leitenden Flüssigkeiten kann vielleicht ihre Leitfähigkeit aus der absoluten Phasenänderung bei der Reflexion der electricischen Wellen an ihrer Oberfläche ermittelt werden, indem auch diese aus der Stellung des Bügels B_1 ermittelt werden kann. Diese Methode ist dann analog der optischen, nach der aus der Phasenänderung des Lichtes bei der Reflexion an einem absorbirenden Körper sein Absorptionsvermögen gefunden werden kann.

Wenn man die hier dargelegte Methode zur Bestimmung der Dielectricitätsconstante mit der von Nernst³⁾ beschriebenen vergleicht, welche ebenfalls schlecht leitende Flüssigkeiten, wie z. B. Wasser, zu untersuchen erlaubt, so arbeitet, wenn man nur auf Maxima und Minima des Leuchtens der Zehnder'schen Röhre einstellt, diese Methode nicht so exact, wie die Nernst'sche, dagegen, wie mir scheint, etwas einfacher, zumal eine Compensation der Leitfähigkeit nicht nöthig ist, und die Untersuchung von verdünnten Salzlösungen oder Wasser

1) P. Drude, Wied. Ann. 53. p. 758. 1894.

2) Es bringt keinerlei Aenderung hervor, wenn die Drähte DD sowie die Brücke B_3 in der Flüssigkeit mit einer dünnen isolirenden Hülle, z. B. Schellackschicht, überzogen sind, falls nur zwischen Brücke B_3 und Drähten DD metallischer Contact besteht. Man kann daher die Leitfähigkeit ohne metallische Zuführung zur Flüssigkeit messen.

3) W. Nernst, Ztschr. f. phys. Chem. 14. p. 642. 1892.

nicht im geringsten schwieriger ist, als die guter Isolatoren, während dies bei der Nernst'schen Methode schon eine erheblich gesteigerte Sorgfalt erfordert. Allerdings muss zur Anwendung der hier beschriebenen Methode eine grössere Menge der zu untersuchenden Flüssigkeit (etwa $\frac{1}{4}$ l) zu Gebote stehen, während für die Nernst'sche Methode 2 ccm genügen.

Wie ich durch Versuche, die ich bei späterer Gelegenheit mitzutheilen gedenke, festgestellt habe, lässt sich durch Einstellung auf die Leuchtwirkung der Zehnder'schen Röhre eine Genauigkeit von 2 Proc. in der Bestimmung der Dielectricitätsconstante erreichen. Da eine solche Genauigkeit für manche chemische Zwecke ausreichend sein dürfte, so möchte ich auch dem Chemiker die Benutzung dieser Methode empfehlen, zumal sie ohne besondere Einübung sofort zu handhaben ist.

Durch verfeinerte Anordnungen zur Messung der Intensität der electricischen Schwingungen kann die Genauigkeit der Methode erheblich gesteigert werden. Ich bin mit Versuchen in dieser Richtung beschäftigt, habe sie aber noch nicht in grösserem Umfange abschliessen können.

Leipzig, Mai 1895.
