

## **Einige Grundversuche über elektrische Schwingungen.**

Von **H. Veillon.**

---

Nach den von den meisten heutigen Physikern geteilten Anschauungen hat man die elektrischen Erscheinungen als Veränderungen aufzufassen, welche sich im Dielektrikum abspielen. Die genialen Konzeptionen Faraday's und Maxwell's im Verein mit den berühmten Versuchen von Hertz haben diese, der klassischen Elektrizitätslehre so fremdartige, Vorstellungswelt mit einem Schlage eröffnet. Geleitet durch den Gedanken an die wunderbare Präzision der mathematischen Optik, welche in den Werken Fresnel's und seiner Nachfolger eine erstaunliche Höhe erreichte, erkannte man bald in der neuen Elektrizitätstheorie den Keim einer sich eng an die Lehre des Lichtes anschliessenden Behandlung der elektrischen Phänomene. Mit Eifer wurde überall, theoretisch sowohl als auch experimentell, in diesem Sinne gearbeitet, und manche hervorragende Entdeckung oder Erfindung würde ohne diesen Anstoss der Menschheit noch vorbehalten geblieben sein. Mit immer steigender Zuversicht suchte man nach Analogien, ja selbst nach einer Identität, zwischen den elektrischen und optischen Erscheinungen, und viele mögen die Partie heute schon als gewonnen betrachten.

Wie dem nun auch sei, so ist gewiss, dass alle Bestrebungen, die Optik und die Elektrizitätslehre von einem gemeinsamen, der erstern dieser Wissenschaften

entlehnten Standpunkte aus zu behandeln, so neu sind, dass es nicht als Anmassung hochverdienten Forschern gegenüber erscheinen kann, wenn bereits bekannte Experimente immer wieder aufs neue angestellt werden, unbekümmert jeder vorgefassten Meinung und jedes früher gewonnenen Resultates.

In diesem Sinne möchten wir die wenigen folgenden Experimente aufgefasst wissen, welche, obwohl von andern bereits angestellt, doch noch nicht als ganz geklärt zu betrachten sind und welche wegen ihrer prinzipiellen Bedeutung für die Theorie immer noch der Aufmerksamkeit wert sind.

## I.

### **Transversalität der elektrischen Schwingungen.**

Bei den experimentellen Untersuchungen über die genannten Analogien war eine der wichtigsten Fragen diejenige nach der Natur der Schwingungen. In der Theorie gelangt man auf Grund der Maxwell'schen Gleichungssysteme, indem man den Erreger elektrischer Wellen weit weg annimmt und die Wirkung auf einem sehr kleinen Teil der Wellenfläche betrachtet, zu den sogenannten Strahlgleichungen. Aus diesen folgert man dann wieder, dass die in der Strahlrichtung selbst liegenden Komponenten verschwinden, und dass nur die senkrecht zu ihr gerichteten Komponenten für die Schwingung in Betracht kommen. Mit andern Worten, es wird für die elektromagnetische Strahlung die Transversalität der Schwingungen gefolgert, wie für das Licht. Dieses höchst wichtige Ergebnis der Theorie prüfte und bestätigte Hertz mit Hilfe seines kreisförmigen Resonators. Seit diesen denkwürdigen Arbeiten sind nun eine ganze Anzahl anderer wertvoller Hilfsmittel zur experimentellen Erforschung des elektromagnetischen Feldes dem Resonator

an die Seite getreten. Das Instrumentarium des Physikers ist dadurch erheblich bereichert worden, und in einer für den ersten internationalen Physikerkongress zu Paris von Righi verfassten sehr interessanten Abhandlung werden nicht weniger als einundzwanzig verschiedene diesbezügliche Methoden aufgezählt<sup>1)</sup>. Viele derselben sind bloss auf die Demonstration oder Konstatation elektrischer Schwingungen abgerichtet, während andere möglichst genaue Bestimmung der quantitativen Verhältnisse in den einzelnen Punkten des Feldes erstreben. Von vornherein verdienen diejenigen Instrumente, welche dieser zweiten Forderung genügen, unbedingt den ersten Platz, allein sie leiden nur zu oft an dem Nachteil einer schwierigen und umständlichen Manipulation, die schwer von störenden Einflüssen zu befreien ist. Man wird daher trachten, wenn es sich um Messungen handelt, eine solche Methode zu wählen, welche auch in ihrer Handhabung nicht allzuviel Schwierigkeiten verursacht, und wird suchen, dieselbe in möglichst einfacher Weise den Anforderungen an eine brauchbare Messmethode anzupassen. Dasjenige Instrument, welches sich hiezu wohl eignet, ist der Kohärer. In erster Linie ist derselbe allerdings bloss zum qualitativen Nachweis von Schwingungen geeignet, und bei den meisten Arbeiten, in welchen er als Reagens benützt wurde, hat er nur diese Bedeutung. Seine bekannte grosse Launenhaftigkeit scheint ihm als Organ einer Messvorrichtung auszuschliessen. Allein, wenn man sich lange mit der Handhabung dieses Instrumentes abgibt, so findet man, dass bei Beobachtung gewisser Vorsichtsmassregeln die Inkonstanz im Reagieren zwar nicht aufgehoben, aber doch auf ein verhältnismässig kleines Mass reduziert werden kam. So wird dann der Kohärer

<sup>1)</sup> A. Righi. Les ondes hertziennes. Congrès international de physique, rapports t. II p. 301.

ein für Messungen brauchbares Mittel, das für erste Annäherungen recht gute Dienste leisten kann. Die folgenden Versuche, welche eine Prüfung der Transversalität der elektrischen Schwingungen bezwecken, sind mit diesem Hilfsmittel angestellt worden.

Als gut geeignet erwies sich ein Kohärer, bestehend aus einem 7 cm langen, etwa 1 cm weiten Glasrohr, durch Korke verschlossen und mit einem Gemisch von nicht zu feinen Kupferdrehspänen gefüllt, denen ein wenig Nickelfeilicht beigemischt war. Durch die Korke ragten ins Innere zwei gerade Kupferdrähte von 3 mm Dicke, so weit eingesteckt, dass die einander zugekehrten Enden 1 bis 2 cm von einander abstanden. Die äussern Enden waren so ca. 40 cm von einander entfernt. Über dem ganzen Glasrohr war als metallische Hülle ein 7 cm langes dickwandiges Messingrohr geschoben, welches das Glasrohr dicht umschloss. Die beiden Elektroden des Kohäriers trugen je ein Quecksilbernäpfchen, um die Einschaltung des Kohäriers in einen geeigneten Stromkreis ohne Erschütterung nach stattgehabter Einwirkung bewerkstelligen zu können. Dieser Stromkreis war der Nebenschluss eines auf einem Widerstand von 100 Ohm geschlossenen Trockenelementes, und enthielt ausser dem Kohärer noch eine Galvanometerrolle. Die durch diese Schaltung den Kohärierelektroden applizierte elektromotorische Kraft betrug 0,1 Volt. Die Entfernung der Galvanometerrolle von der beweglichen Nadel war so herausprobiert, dass, wenn der Kohärerwiderstand auf Null sinken würde, genau der letzte Teilstrich der Skala im Fernrohr erscheinen sollte. Durch Vorversuche mit einem Rheostaten war eine Skala hergestellt worden, welche die jeweiligen Kohärerwiderstände direkt abzulesen gestattete.

Um nun den Kohärer für die Messungen geeignet zu machen, musste, wie viele vorhergegangene Versuche es hatten erkennen lassen, sein normaler Widerstand so

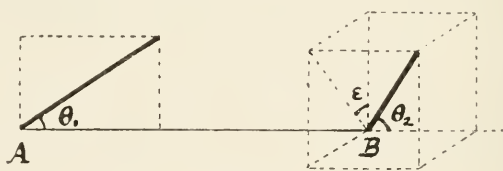
sein, dass er bei der stärksten Einwirkung des Oscillators, die benützt wurde, nicht tiefer als etwa 40 Ohm sank, aber auch nicht höher blieb als ca. 70 Ohm. Durch Regulierung der Distanz der einander zugekehrten Elektrodenenden im Kohärer, sowie der Masse der eingefüllten Metallspäne war dies leicht zu erreichen. Nach so regulierter Empfindlichkeit zeigten die einzelnen Versuche, bei anscheinend gleichen Versuchsbedingungen, immer noch unter sich Abweichungen, die nicht mehr zu vermeiden waren, aber dieselben waren doch so bedeutend reduziert, dass bei sehr zahlreich wiederholten Beobachtungen vollkommen brauchbare und sichere Mittelwerte zu bekommen waren.

Als Oscillator dienten zwei Messingstangen von je 40 cm Länge und 1 cm Durchmesser, in gerader Linie angeordnet. Die einander zugekehrten Enden trugen Kugeln von Messing, 2 cm Durchmesser, die mit Kappen aus Platin versehen waren. Dicht hinter den Kugeln waren Drähte angesetzt, welche zu einem Induktorium führten. Als solches wurde ein gewöhnliches Carpentier'sches (grosses Modell) oder ein Klingelfuss'sches mit geschlossenem Eisenkern verwendet. An dieser Stelle möchten wir nicht versäumen, Herrn Ingenieur Klingelfuss für die freundliche Überlassung eines seiner durch so grossen Nutzeffekt ausgezeichneten Instrumente unsern besten Dank auszusprechen.

Oscillator und Kohärer waren in einer Höhe von 1,5 m über dem Fussboden und in 4 m Entfernung von einander aufgestellt. Die Einwirkung wird nun stark abhängen von der Zahl der benützten Funken, resp. von der Dauer des Funken-spieles. Deshalb wurden verschiedene Versuchsreihen vorgenommen. Zuerst wurden nur drei Funken hintereinander erzeugt, indem der primäre Stromkreis des Induktoriums durch eine geeignete

Vorrichtung dreimal hintereinander gleichmässig geschlossen und geöffnet wurde. Die durch diese drei Funken erzeugte Wirkung wurde dann beobachtet. Hernach wurde eine zweite Versuchsreihe unternommen, bei welcher aber das Induktorium mit einem Desprez versehen war und jeweilen dreimal hintereinander ein Funkenspiel von zirka einer halben Sekunde ausgelöst wurde. Beide Arten zu „geben“ führten zu qualitativ verschiedenen Resultaten, aber der Charakter der Erscheinung blieb durchaus derselbe.

Die Aufgabe bestand nun darin, die Grösse der Einwirkung zu messen bei allen möglichen relativen Stellungen, welche Oscillator und Kohärer gegen einander einnehmen können.



Figur 1.

In Figur 1 sei A die Mitte des Oscillators, B diejenige des Kohärers. Die Richtung des erstern bilde mit der Grundlinie den Winkel  $\theta_1$ , diejenige des letztern den Winkel  $\theta_2$ . Ferner sei  $\varepsilon$  der Neigungswinkel der beiden Ebenen, welche die Grundlinie AB einerseits mit der Oscillatoraxe, andererseits mit der Kohäreraxe bestimmt. Alle möglichen gegenseitigen Lagen werden erschöpft, wenn man  $\varepsilon$ ,  $\theta_1$ ,  $\theta_2$  von 0 bis  $\pi$  variieren lässt. Wir haben uns beschränkt, diesen Winkeln die Werte zu erteilen:

$$0^{\circ} \quad 45^{\circ} \quad 90^{\circ} \quad 135^{\circ}$$

indem wir jeweilen um eine Viertelsdrehung fortgeschritten sind. Der letzte Wert  $180^{\circ}$  war überflüssig,

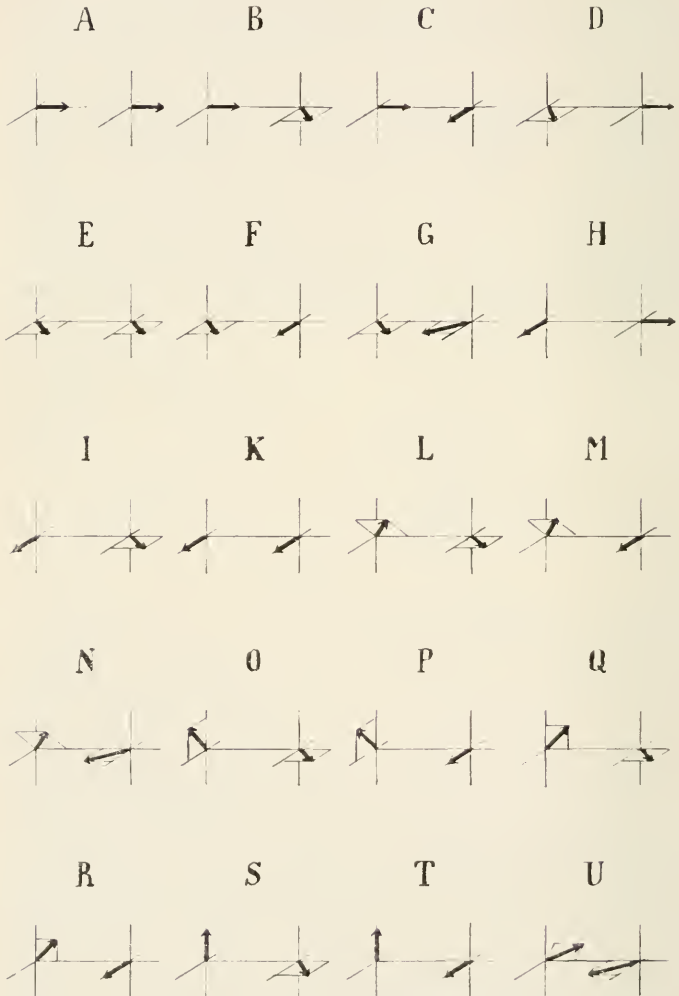


da er wieder mit 0° zusammenfällt. Kombiniert man alle diese vier Werte für die drei Winkel mit einander, so erhält man 64 mögliche Zusammenstellungen. Da es für uns nur auf gegenseitige Richtungen ankommt, die nicht mit einem bestimmten Bewegungssinn behaftet sind, so reduzieren sich diese hier auf 20 wirklich geometrisch verschiedene. Diese werden am besten dadurch ermittelt, dass man sich die Figur 1 mit Hilfe eines aus Stricknadeln und Korkstopfen hergestellten Modells räumlich versinnlicht. Man eliminiert dadurch die unnötigen Stellungen sehr leicht und die übrig bleibenden sind die in folgender Tabelle zusammengestellten und mit Buchstaben bezeichneten:

$\varepsilon$	$\Theta_1$	$\Theta_2$		$\varepsilon$	$\Theta_1$	$\Theta_2$	
0	0	0	A	45	45	45	L
		45	B			90	M
		90	C			135	N
	45	0	D		90	45	O
		45	E			90	P
		90	F	90	45	45	Q
		135	G			90	R
	90	0	H		90	45	S
		45	I			90	T
		90	K	135	45	135	U

Eine bessere Übersicht über diese zu untersuchenden Stellungen erhalten wir durch die Zeichnungen in Figur 2, in welchen immer links der Oscillator und rechts der Kohärer zu denken ist. Wie man sieht, kann der Versuch immer so disponiert werden, dass der Kohärer horizontal liegt, was für eine möglichste Konstanz in den einzelnen Beobachtungen ein Haupterfordernis ist. Vertikal gestellte Kohärer sind nämlich von so

grosser Unzuverlässigkeit, dass von ihnen abgesehen werden muss.



Figur 2.



Die ganze Versuchsreihe wurde öfters wiederholt, indem bei jeder einzelnen Stellung dreissig Beobachtungen gemacht wurden. Dem Charakter nach waren alle Resultate gleich, und es möge hier eines unter ihnen angegeben werden, wobei die Zahlen Ohm bedeuten:

A	B	C	D	E
∞	∞	∞	∞	190
F	G	H	I	K
71	139	∞	87	34
L	M	N	O	P
310	144	430	165	57
Q	R	S	T	U
∞	∞	∞	∞	250

Das Maximum der Wirkung findet also bei der Stellung K statt, d. h. wenn Kohäreraxe und Oscillatoraxe zu einander parallel und senkrecht zur Grundlinie stehen. In neun Stellungen blieb die Wirkung völlig aus. Wenn Oscillator und Kohärer die Lagen haben wie in K, so wollen wir sagen, sie befinden sich in ihren Hauptlagen. Bilden wir nun bei allen zwanzig Stellungen das Produkt der Cosinuse der Winkel, welche Oscillator und Kohärer mit ihren respektiven Hauptlagen bilden, so muss, wenn das Gesetz der Transversalität der Schwingungen richtig ist, dieses Produkt jeweilen proportional der stattfindenden Einwirkung sein. Da wir nun die Einwirkung durch die Widerstandsverminderung im Kohärer messen, und über den funktionellen Zusammenhang zwischen dieser Widerstandsverminderung und der Grösse der Einwirkung bis jetzt nichts wissen, so müssen wir uns damit begnügen, zu sehen, ob die beobachteten Widerstände abnehmen, wenn die oben genannten Produkte wachsen, und ob für diejenigen Stellungen, bei welchen

diese Produkte gleich sind, die Widerstände gleich sind. Unter diesem Gesichtspunkt gruppiert, ergeben obige Resultate folgende Tabelle:

Stellung	Produkt der Cosinuse	Beobachtete Widerstände
K	1	34 Ohm
F		71 Ohm
I	0,7	87 „
P		67 „
E		190 Ohm
G	0,5	139 „
M		144 „
O		165 „
L		310 Ohm
N	0,4	420 „
U		301 „
ABC		
DHQ	0	alle $\infty$
RST		

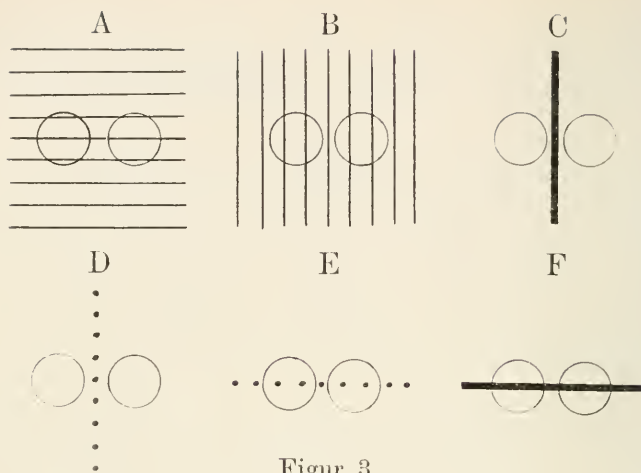
Angesichts der Unvollkommenheit, die dem Kohärer, trotz aller Sorgfalt, anhaftet und seine Anwendung für Messungen erschwert, dürfen diese Zahlen doch als in gutem Einklang mit den Forderungen der Theorie und speziell mit dem Cosinusetz stehend bezeichnet werden. Man wird auch zugeben, dass diese Methode, trotz verschiedener Einwendungen, die man gegen sie erheben kann, Resultate liefert, die ebenso sicher sind als die, welche man mit dem gewöhnlichen Resonator erhält, bei welchem man durch Grösse und Zahl der ausgelösten Fünkchen die Kräfte im Felde bestimmt. Wir möchten daher obige Zahlen als einen neuen Beleg für die Transversalität der elektromagnetischen Schwingungen hinstellen.

## II.

**Einfluss eines Drahtgitters auf elektrische Strahlen.**

Ein für die Theorie ebenfalls sehr wichtiger Versuch, auf welchen die Methode des Kohärrers auch wieder mit Vorteil angewendet werden kann, ist der, bei welchem ein Drahtgitter auf den Weg der Strahlen eingeschaltet wird. Diesbezügliche messende Versuche sind bereits vor zwölf Jahren von Rubens und Ritter unter Verwendung des Bolometerprinzips ausgeführt worden <sup>1)</sup>. Wir haben dieselben mit dem Kohärer wiederholt und in dem Sinne erweitert, dass wir die Gitterebene nicht beständig senkrecht zur Grundlinie nahmen, sondern ihr alle möglichen Orientationen erteilten. Für diese Versuche bedienten wir uns zweier kleiner Hertz'scher Parabolspiegel, deren Axen horizontal je 1,5 m über dem Fussboden waren. Die Spiegel waren einander zugekehrt mit 4 m Abstand; einer enthielt in seiner Axe den Oscillator, der andere den Kohärer. Ihre Masse waren: Brennweite 4 c, Öffnung 40 c, Axenlänge 57 c. Es waren solche, wie sie von der Firma Leybold zu Demonstrationszwecken hergestellt werden. Das Gitter aus Kupferdrähten von 1,5 mm Dicke in Abständen von 1,5 c war auf hölzernem Rahmen montiert und hatte 80 c Breite. Die Mitte des Gitters war immer in der Mitte der Grundlinie, also 2 m von jeder Spiegelaxe entfernt. Über die möglichen Stellungen des Gitters gewinnen wir am besten durch beistehende Figur 3 einen Überblick, wobei nur die extremen Lagen angegeben und die durch  $45^{\circ}$  gehenden Übergangslagen weggelassen sind.

<sup>1)</sup> *Rubens u. Ritter*, Über das Verhalten von Drahtgittern gegen elektrische Schwingungen, Wied. Ann. Bd. XL, p. 55, (1890).



Figur 3.

Bei diesen Zeichnungen denke man sich das Auge von der Mitte des Kohärrers nach der Mitte des Oscillators, also in der Richtung der Grundlinie, blickend. Die Kugeln des Oscillators sind durch Kreise angegeben. Bei A und B ist die Gitterebene senkrecht zur Grundlinie, bei den übrigen fällt sie mit ihr zusammen. Bei C und F stehen die Gitterdrähte senkrecht zur Grundlinie, bei D und E parallel zu ihr. Ausser diesen sechs Hauptstellungen wurden auch die sechs mittleren Übergangstellungen untersucht, die man bei jeweiligem Drehen um  $45^{\circ}$  erhält. Das Resultat dieser Messungen, welche für jede Haupt- und Zwischenstellung hundert mal wiederholt wurden, ergab folgendes Resultat für die Widerstände in Ohm:

	<u>Hauptstellung</u>	<u>Zwischenstellung</u>
A . . . . .	433	
	. . . . .	222
B . . . . .	94	
	. . . . .	86

	<u>Hauptstellung</u>	<u>Zwischenstellung</u>
C . . . . .	77	
		. . . . . 77
D . . . . .	76	
		. . . . . 75
E . . . . .	77	
		. . . . . 264
F . . . . .	471	
		. . . . . 463
A . . . . .	433	

Wie man sieht, bestätigt sich die Folgerung der Theorie für die Polarisation der elektromagnetischen Schwingungen in den Versuchen A bis E, wogegen aber bei F erwartet werden sollte, dass die Wirkung fast ungestört sich ausbreiten sollte. Es ist das ein Punkt, wo die Analogie mit den Lichtstrahlen nicht mehr aufrecht erhalten werden kann, wie bereits die Herren Prof. Hagenbach-Bischoff und Zehnder bei ihrer Wiederholung der Hertz'schen Versuche es bemerkt hatten<sup>1)</sup>.

Diese Sache ist in innigem Zusammenhang mit den im nächsten Abschnitt zu besprechenden Versuchen, so dass wir auf dieselbe noch einmal zurückkommen werden.

### III.

#### **Interferenz direkter und an einer metallischen Wand reflektierter elektrischer Strahlen.**

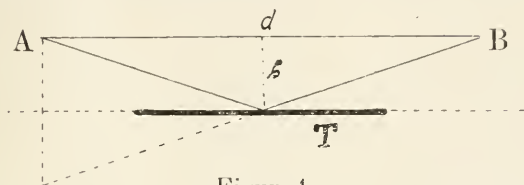
Beim Nachforschen nach weiteren Analogien sind es sodann die Interferenzerscheinungen, welche Gegenstand vielfacher Untersuchungen geworden sind. Man hat sich bemüht, das Phänomen der Fresnel'schen Spiegel mit

<sup>1)</sup> *Hagenbach u. Zehnder*, Die Natur der Funken bei den Hertz'schen elektrischen Schwingungen, Wied. Ann. Bd. XLIII p. 610, (1891).

elektrischen Strahlen zu reproduzieren und insbesondere seine Modifikation nach Lloyd, welche nur eines einzigen Spiegels bedarf. Die Einfachheit dieser zweiten Disposition liess uns hoffen, auch hier mit der Methode des Kohärrers einen Beleg für die betreffenden Folgerungen aus der Theorie zu erhalten. Von Herrn Righi wurde in seinem bekannten Buche, unseres Wissens zum ersten Male in dieser Absicht, dieser Versuch beschrieben <sup>1)</sup>. Wir haben uns an die von diesem Gelehrten angegebenen Verfahren zur Produktion von Schwingungen gehalten, indem wir nach seinen Angaben einen Oscillator konstruierten, der eine Wellenlänge von 10,6 c liefern sollte. Zwei messingene Vollkugeln von 3,75 c Durchmesser waren in isolierenden Ringen so montiert, dass ihr Abstand genau reguliert werden konnte. Durch zwei seitliche längere Funken wurde dem System die Ladung zugeführt. Die Axe dieses Oscillators stand wieder parallel mit der des Kohärrers, und es wurde immer zuerst bewerkstelligt, dass nur der mittlere kleine Funke wirksam war, während die beiden grossen Ladungsfunken wirkungslos blieben. Hiezu verband man die grossen Kugeln metallisch durch einen eingepressten Metallkeil und vergrösserte einerseits die Ladungsfunken während man andererseits die Empfindlichkeit des Kohärrers verkleinerte bis keine Wirkung mehr bemerklich war. Darauf wurde der Metallkeil entfernt und der mittlere Funke auf günstigste Wirkung eingestellt. Die Reflexion geschah an einer ebenen Zinktafel von 2 m Länge und 1 m Breite, die mit der längern Seite parallel der Grundlinie gestellt war. Kohärrer- und Oscillatoraxe waren der Ebene parallel, und letztere war parallel verschiebbar. Es bedeutet A in Figur 4 der

<sup>1)</sup> A. Righi, Die Optik der elektrischen Schwingungen, deutsch von B. Dessau, p. 91.

Erreger, B der Empfänger, deren Axen senkrecht zur Papierebene seien und T die Blechtafel, deren Ebene auch senkrecht zur Zeichenebene sei.



Figur 4.

Es sei  $d$  der Abstand des Kohäerers vom Oscillator,  $h$  der Abstand des Spiegels von der Grundlinie. Dann ist der geometrische Wegunterschied eines direkten und eines reflektierten Strahles:

$$J = \sqrt{d^2 + 4h^2} - d$$

woraus:  $h = \frac{1}{2} \sqrt{J^2 + 2dJ}$

Daraus lassen sich die Distanzen  $h$  berechnen, für welche Maxima oder Minima der Wirkung eintreten sollten. Unter Berücksichtigung, dass bei der Reflexion an der metallischen Wand eine halbe Wellenlänge verloren geht, sollten wir haben:

Maxima für  $J = \frac{\lambda}{2} \quad 3 \frac{\lambda}{2} \quad 5 \frac{\lambda}{2} \quad \dots$

Minima für  $J = \lambda \quad 2\lambda \quad 3\lambda \quad \dots$

Berechnet man diese Distanzen  $h$  bei Zugrundelegung der Wellenlänge  $\lambda = 10,6 \text{ c}$  und des Abstandes  $d = 400 \text{ c}$ , so ergeben sich folgende Werte in c:

Maxima für  $h = 33 \quad 57 \quad 74 \quad 88 \quad 101 \dots$

Minima für  $h = 46 \quad 68 \quad 81 \quad 94 \dots$

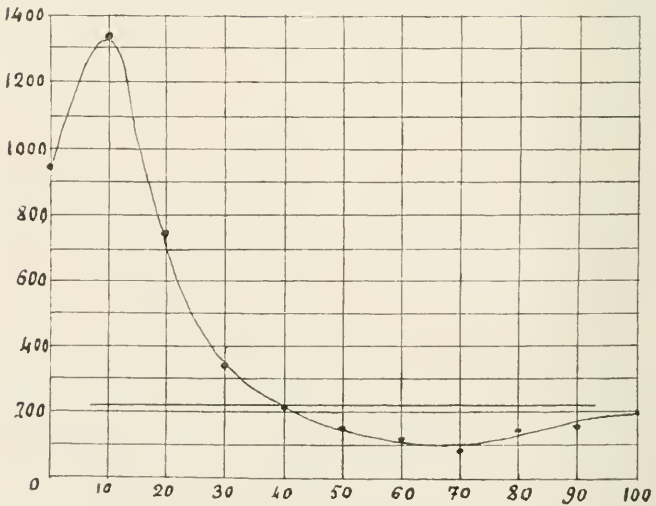
Bei der Anstellung der Versuche haben wir die Distanz  $h$  von 10 zu 10 c wachsen lassen. Trotz einer sehr grossen Anzahl von Wiederholungen konnten wir das erhoffte Interferenzphänomen nicht wiederfinden. Alle Versuche ergaben Resultate mit demselben Charakter und folgende herausgegriffene Versuchsreihe giebt



deren Typus wieder. Die Distanzen  $h$  sind in  $c$  angegeben, die Widerstände in Ohm.

Ohne Blechtafel.		Mit Blechtafel.
224	$d$	Widerstand
	0	953
	10	1360
	20	754
	30	370
	40	290
	50	170
	60	131
	70	98
	80	133
	90	134
	100	230

Die graphische Darstellung dieses Ergebnisses in Figur 5 gibt ein deutliches Bild des Verlaufes der Erscheinung.



Figur 5.

Die horizontale Gerade in der Höhe 224 giebt die Wirkung an, wenn das Blech fortgenommen ist. Am Anfang,  $d = 0$ , schneidet das Blech die Strahlen stark ab, oder absorbiert sie stark. Bei  $d = 10$  ist diese Absorption noch gesteigert und nimmt hernach wieder ab bis  $d = 40$ , wo die Wirkung mit Blech gerade gleich derjenigen ohne Blech geworden ist. Die Tafel ist dort ganz wirkungslos. Bei weiterem Entfernen des Schirmes tritt nunmehr eine Verstärkung ein, bis etwa bei  $d = 70$  ein Maximum der Wirkung eintritt. Dann lässt diese Verstärkung wieder nach, und bei  $d = 100$  ungefähr verschwindet wieder der Effekt der Tafel. Weiter hinaus zeigte sich dann auch kein Einfluss derselben mehr. Wie man sieht, trägt diese Kurve durchaus nicht den Charakter, den sie aufweisen müsste, wenn man hier wirklich eine dem Lloyd'schen Versuch der Optik analoge Erscheinung hätte. Berücksichtigt man nämlich die vorhin berechneten Distanzen  $h$  für Maxima oder Minima, so sollte, zunächst ganz abgesehen von der merkwürdigen Schwächung bei  $h = 0$ , die Kurve nach einer Verstärkung hinsteuern und nicht nach einer Schwächung, also hinunter und nicht hinauf gehen. Da ferner mit wachsender Entfernung  $h$  die Maxima und Minima immer näher zusammenrücken, so sollten die Schnittpunkte der Kurve mit der horizontalen 224 die Tendenz haben, in immer kleinern Intervallen aufeinander zu folgen und nicht, wie es hier zu sein scheint, immer mehr auseinander zu rücken. Mit andern Worten, die Kurve sollte nicht so flach sich hinausziehen, wie sie es thut.

Aus diesem den Forderungen der Theorie nicht entsprechenden Resultat könnte man nun entweder schliessen, dass die Methode des Kohärrers im betrachteten Falle unzureichend ist, oder aber, dass die zu den Erscheinungen der Optik erhofften Analogien bei den elektromagnetischen Schwingungen noch in gewissen

Punkten Lücken aufweisen, deren genaue Konstatation und Erforschung von grosser Tragweite sein kann. Ohne entscheidend hier antworten zu wollen, wozu vorerst noch parallele Versuche etwa mit der Methode des Bolometers notwendig wären, möchten wir doch dahin neigen, dass man bis heute noch nicht von einer vollständigen und durchgreifenden Analogie zwischen beiden Arten von Strahlungen überzeugt sein darf. Was uns hiezu bewegt, ist, dass die Methode des Kohärrers in den beiden vorhergehenden Aufgaben Resultate ergab, welche mit den Versuchsergebnissen bewanderter, mit andern Methoden operierender, Experimentatoren in guter Übereinstimmung stehen. Dieses spricht zu Gunsten des hier angewendeten Verfahrens und lässt es als das Wahrscheinlichste erkennen, dass bei unserem letzten Versuche thatsächlich die Analogie versagt.

Um sich nun über die hier vorliegende Erscheinung Rechenschaft zu geben, könnte man vielleicht folgendermassen verfahren, indem man sich mehr auf den Boden der alten Elektrizitätslehre stellt. Fassen wir den Oscillator als Zentrum einer Energieaustrahlung auf, so ist es ein ganz bestimmtes Bündel von Energiestrahlen, welche die Wirkung auf den Kohärer vermittelt, wenn noch keine Blechtafel da ist. Wenn nun das Blech in irgend eine der Lagen des Versuches gebracht wird, so werden in elementaren Streifen, aus welchen das Blech gebildet gedacht werden kann, Ströme induziert. Dieses wird auf Kosten auch eines gewissen Kegels von Energiestrahlen geschehen, wodurch immer eine gewisse Absorption von Energie bedingt sein wird. Die Elementarstreifen des Bleches können nun ihrerseits wieder auf den Kohärer induzierend wirken. Heissen wir diese Wirkung die sekundäre, während wir unter der primären diejenige verstehen, welche direkt, ohne Vermittlung des Bleches, vom Oscillator auf den Kohärer ausgeübt wird.

Liegt nun die Tafel so, dass  $h = 0$  ist, so schöpft die Tafel ihre Energie direkt aus dem primären Kegel. Die primäre Wirkung ist schon ziemlich stark vermindert. Es werden in der Tafel aber nur in den dem Oscillator zunächst liegenden Streifen Ströme induziert und in den andern nicht, weil diese letztern vom Oscillator nicht „gesehen“ werden. Die sekundäre Wirkung der in den ersten Streifen induzierten Ströme kommt aber kaum zur Geltung, weil sie ihrerseits den Kohärer nicht „sehen“. Die Gesamtwirkung ist also eine sehr merklich geschwächte. Bringen wir jetzt die Tafel auf  $h = 10$ , dann absorbiert sie immer noch aus dem primären Kegel Energie, aber jetzt viel mehr als vorhin, denn alle Elementarstreifen werden jetzt vom Oscillator „gesehen“, und es wird in allen induziert. Die vermehrte Absorption hat eine noch bedeutendere Schwächung der primären Wirkung zur Folge. Die sekundäre Wirkung ist jetzt gegen vorher gesteigert, aber sie ist nicht imstande, die Schwächungszunahme ganz aufzuheben. Die Gesamtwirkung sinkt also noch tiefer als vorher, und das erklärt, dass die Kurve jetzt höher steht als vorhin. Gehen wir mit dem Blech auf  $h = 20$ , so hat die Tafel langsam begonnen, aus dem primären Kegel herauszutreten und hat angefangen, einen Teil ihrer Induktionsströme aus einem andern Kegel zu schöpfen. Die noch geschwächte primäre Wirkung ist im Wachsen begriffen und die sekundäre unterstützt sie, die Gesamtwirkung hat also wieder zugenommen. Bei  $h = 40$  zieht die Tafel immer noch zum Teil den primären Kegel in Mitleidenschaft und die primäre Wirkung hat noch nicht ihre volle Höhe wieder erreicht. Die sekundäre Wirkung aber, die zum Teil aus einem neuen Strahlenkegel Energie schöpft, der mit dem primären nichts gemein hat, ist gerade hinreichend, um die Gesamtwirkung auf das volle Mass der direkten Wirkung zu bringen, welche stattfindet, wenn

gar kein Blech da ist. Die Kurve schneidet also hier die horizontale Linie, welche diese letztere Wirkung darstellt. Gehen wir nun auf  $h = 50$ , so nimmt die Tafel immer noch etwas vom primären Kegel in Anspruch und schwächt noch um etwas die primäre Wirkung. Hiezu kommt aber die immer noch sehr merkliche sekundäre Wirkung der Tafel, die ihre Energie aus einem Kegel schöpft, der nur noch sehr wenig mit dem primären gemein hat. Die Gesamtwirkung ist grösser als ohne Blech. Bei  $h = 70$  hat die additive sekundäre Wirkung ihren Höhepunkt erreicht, ebenso die primäre und hiemit auch die Gesamtwirkung. Die Kurve steht dort am tiefsten. Lässt man  $h$  noch mehr wachsen, so bleibt jetzt die primäre Wirkung ungeändert auf ihrer vollen Höhe, während die sekundäre wegen der wachsenden Entfernung beständig abnimmt, bis sie schliesslich sich der Beobachtung entzieht. Die Kurve wird sich wahrscheinlich asymptotisch der Horizontalen 224 nähern.

Auf diese Weise lässt sich vielleicht das eigentümliche Ergebnis unseres letzten Versuches erklären. Die dem Gedankengang zu Grunde liegende Zerlegung der Blechtafel in elementare Streifen senkrecht zur Grundlinie mag dadurch gerechtfertigt sein, dass wir auch einen Versuch anstellten, wo an Stelle der Tafel das früher benutzte Gitter mit entsprechender Orientation der Drähte gebraucht wurde. Zum Schlusse mag noch erwähnt sein erstens, dass die vollständige Neutralität des Gitters festgestellt wurde, wenn dasselbe als „reflektierende Wand“ benützt wurde, indem die Drähte parallel der Grundlinie verliefen, und zweitens, dass eine Blechtafel ebenfalls keine Wirkung zeigt, wenn die Oscillatoraxe auf ihrer Ebene senkrecht steht.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft zu Basel](#)

Jahr/Year: 1903

Band/Volume: [16\\_1903](#)

Autor(en)/Author(s): Veillon H.

Artikel/Article: [Einige Grundversuche über elektrische Schwingungen 329-348](#)