

**7. Resonatoren im Strahlungsfelde  
eines elektrischen Oszillators. Bemerkungen zu  
der Arbeit von M. Paetzold über „Strahlungsmessungen an Resonatoren im Gebiete kurzer  
elektrischer Wellen“; von E. Aschkinass.**

Von Hrn. M. Paetzold sind vor einiger Zeit im Leipziger Physikalischen Institut Versuche über den Durchgang elektrischer Wellen durch Resonatorensysteme ausgeführt und in seiner Inauguraldissertation beschrieben worden, deren Resultate mit dem Inhalte anderer Veröffentlichungen über den gleichen Gegenstand im Widerspruche stehen. Nachdem ein Auszug dieser Dissertation auch in den Annalen der Physik erschienen ist<sup>1)</sup>, sehe ich mich genötigt, das Wort zu ergreifen, um die Ausführungen des Verfassers wenigstens in einigen der wesentlichsten Punkte zu berichtigen.

Der Verfasser sagt auf p. 127, daß die „Versuche, welche von Garbasso<sup>2)</sup> und später von Aschkinass und Schaefer<sup>3)</sup> in ähnlicher Weise ausgeführt wurden, bisher unwiderlegt geblieben sind, obwohl sie mit den jetzt allgemein anerkannten theoretischen Ansichten über derartige Vorgänge keineswegs im Einklang stehen.“<sup>4)</sup> Hier zeigt sich Hr. Paetzold bereits schlecht orientiert. Die von ihm vermißte Widerlegung dürfte kaum gelingen und in Wahrheit befinden sich weder die Versuche selbst noch die ihnen von uns gegebene Deutung im Widerspruche zu den „jetzt allgemein anerkannten theoretischen Ansichten“.

1) M. Paetzold, Ann. d. Phys. 19. p. 116. 1906.

2) A. Garbasso, Atti di Torino 28. 19. März 1893; Journ. de physique 2. p. 259. 1893.

3) E. Aschkinass u. Cl. Schaefer, Ann. d. Phys. 5. p. 490. 1901.

4) Anderen Orts heißt es allerdings von den an zweiter Stelle genannten Versuchen, daß nicht ihr Resultat, sondern nur ihre Deutung beanstandet werden solle.

Das Problem, um das es sich handelt, ist das der sog. „multiplen Resonanz“. Ein elektrischer Oszillator vermag gleichzeitig Resonatoren von verschiedener Eigenperiode zu elektrischen Schwingungen zu veranlassen, und unter Umständen schwingt dann jeder einzelne Resonator, auch wenn man ihn durch Oszillatoren verschiedener Schwingungsdauer anregt, stets in der ihm eigentümlichen Periode. Sarasin und de la Rive, denen wir die Entdeckung dieser Erscheinung verdanken, nahmen zu ihrer Erklärung an, daß der Hertzsche Erreger ein Kontinuum von Wellen verschiedener Länge aussende. Poincaré und Bjerknes widersprachen dieser Auffassung und zeigten, daß die multiple Resonanz eine Folge der relativ starken Dämpfung im Primärleiter sei; nach ihrer Ansicht sendet der Oszillator also nur stark gedämpfte Schwingungen einer einzigen Periode aus. Hr. Garbasso<sup>1)</sup> war es nun, der wohl zuerst darauf hinwies, daß diese beiden Auffassungen im Grunde miteinander identisch wären, da man eine stark gedämpfte Schwingung stets als ein Fouriersches Integral darstellen kann, d. h. als eine Superposition von ungedämpften Schwingungen unendlich verschiedener Schwingungsdauer.

In der Tat handelt es sich hier um eine mathematische Identität und daher ist auch meiner Meinung nach der eine Standpunkt an sich gerade so berechtigt wie der andere. Indem ich aber insoweit die Ansicht von Sarasin und de la Rive akzeptiere, behaupte ich selbstverständlich damit keineswegs, daß in einem Hertzschen Erreger eine Mehrzahl diskreter Schwingungszentra enthalten sei, wie es z. B. in einem glühenden Körper der Fall ist. Der Oszillator schwingt zweifellos als Ganzes; die Form seiner Schwingung ist aber eine solche, wie sie auch sein würde, wenn er *gleichzeitig* verschiedene Schwingungen ausführte. Gewiß ist es nur eine Fiktion, von der gleichzeitigen Existenz unendlich vieler verschiedener Oszillationen bei einem und demselben schwingungsfähigen Gebilde zu reden, aber eine Fiktion, die in der Physik durchaus gebräuchlich ist. Wenn wir nun die Strahlung eines Hertzschen Erregers mit Hilfe eines Resonators untersuchen, so brauchen

---

1) A. Garbasso, Atti di Torino 28. 3. Juli 1893; s. a. A. Garbasso u. E. Aschkinass, Wied. Ann. 53. p. 534. 1894.

wir uns überdies um die wahren Vorgänge im Oszillator selbst gar nicht zu kümmern. Denn maßgebend für das Verhalten des Resonators sind lediglich die Störungen an der Stelle des Raumes, an welcher er sich befindet. Und diese Störungen haben wiederum die Form einer gedämpften Schwingung, also würden unter Umständen auch die gleichen Störungen eintreten, wenn dieselbe Stelle des Raumes gleichzeitig von einem Kontinuum von Schwingungen verschiedener Periode getroffen würde. Wir können demnach entweder sagen, der Resonator wird von einer stark gedämpften Welle oder, mit demselben Rechte, er wird von unendlich vielen ungedämpften Wellen erregt. Es können lediglich Zweckmäßigkeitsgründe für die Wahl des Ausdruckes in Frage kommen.

Ähnlich liegen die Verhältnisse ja auch auf optischem Gebiete, wenn wir sagen, weißes Licht sei ein Konglomerat von Strahlen aller möglichen Wellenlängen. Denn wenn wir einen Punkt im Raume betrachten, der von einem Strahle solchen „weißen Lichtes“ getroffen wird, so kann die Störungsfunktion daselbst doch nicht gleichzeitig alle möglichen Perioden besitzen; sie hat vielmehr eine bestimmte komplizierte Form, die wir uns aus Zweckmäßigkeitsgründen als durch Superposition von unendlich vielen einfachen Schwingungen zustandekommend vorzustellen pflegen.

Durch diese Betrachtungen sind freilich die Fragen, die das Verhalten eines Resonators im Felde eines elektrischen Oszillators betreffen, noch keineswegs erschöpft. Denn es kommt auch noch auf die spezifischen Eigenschaften des Resonators an. Dieser führt gleichfalls gedämpfte Schwingungen aus, und es lassen sich drei verschiedene Fälle unterscheiden:

1. Die Dämpfung des Resonators ist klein gegen die des Oszillators.

2. Die Dämpfung des Resonators ist von derselben Größenordnung wie die des Oszillators.

3. Die Dämpfung des Resonators ist groß gegen die des Oszillators.

Nur im ersten Falle erhält man die Erscheinungen der multiplen Resonanz, d. h. der Resonator schwingt stets, auch wenn er von verschiedenen Oszillatoren erregt wird, in seiner Eigenperiode. Im zweiten Falle hängt die Frequenz

seiner Schwingungen sowohl von seiner Eigenperiode, wie von derjenigen des Oszillators ab, und im dritten Falle schwingt er stets in der Periode des Oszillators.

Alle diese Fälle sind wiederholt experimentell verifiziert worden. Es sei hier insbesondere auf die Arbeit von N. Strindberg verwiesen.<sup>1)</sup>

Nur wenn der erste Fall vorliegt, wird es unter Umständen vorteilhaft sein, die Emission des Erregers als ein kontinuierliches Spektrum aufzufassen, aus dem sich der Resonator seine eigene Wellenlänge „heraussucht“. Zu einer *vollständigen* Beschreibung des Vorganges wäre es dann allerdings noch erforderlich, die Verteilung der Amplituden auf die einzelnen Wellenlängen anzugeben. Aber auch ohnedies wird es sich in zahlreichen Fällen empfehlen — ohne daß man befürchten müßte, zu Widersprüchen mit der Erfahrung zu gelangen — jene Vorstellung eines kontinuierlichen Spektrums beizubehalten.

Dies sollte in der von Garbasso und mir veröffentlichten Arbeit „Über Brechung und Dispersion der Strahlen elektrischer Kraft“<sup>2)</sup> an einem Beispiele erhärtet werden. Es gelang uns damals, durch prismatische Brechung eine räumliche Trennung der in der Gesamtstrahlung eines Hertzschen Erregers enthaltenen Einzelwellen vorzunehmen.<sup>3)</sup> Hier scheint mir nun zur Erklärung der beobachteten Erscheinungen die Zugrundelegung der Sarasin-de la Riveschen Auffassung zweckmäßiger zu sein als die der Poincaré-Bjerknesschen Anschauungsweise. Selbstverständlich muß es aber auch nach der Theorie der Letztgenannten gelingen, unsere Versuchsergebnisse zu deuten. Das ist jedoch bisher noch nicht in exakter Weise geschehen und dürfte meiner Meinung nach weniger einfach sein. In unserer Arbeit haben wir aber selbst ausdrücklich betont, daß jene „scheinbar so verschiedenen Auffassungen streng genommen völlig identisch“ sind.

Die hier entwickelte Anschauung wird, soweit ich die Literatur kenne, heute von allen maßgebenden Autoren ge-

1) N. Strindberg, Compt. rend. 122. p. 1403. 1896.

2) A. Garbasso u. E. Aschkinass, Wied. Ann. 53. p. 534. 1894.

3) Vgl. auch L. Zehnder (Wied. Ann. 53. p. 162. 1894), der durch Beugung an Gittern gleichfalls eine räumliche Trennung der Komponenten erhielt.

teilt, und es beruht lediglich auf einer Unkenntnis der Sachlage, wenn Hr. Paetzold meint, daß „diese Ansichten heute nicht mehr allzu viele Anhänger haben dürften“. Zum Belege dessen verweise ich beispielshalber auf die einschlägigen Werke von Poincaré<sup>1)</sup>, Drude<sup>2)</sup> und v. Geitler<sup>3)</sup> und erwähne, daß, wie aus Briefen und mündlichen Äußerungen hervorgeht, auch Hertz zuletzt im wesentlichen derselben Auffassung gewesen zu sein scheint.<sup>4)</sup>

Auch die Erscheinungen der selektiven Absorption<sup>5)</sup> und Reflexion an Resonatorenittern, wie sie von Garbasso<sup>6)</sup>, Schaefer und mir<sup>7)</sup> beobachtet wurden, lassen sich meiner Meinung nach am einfachsten im Rahmen der Sarasin-de la Riveschen Theorie behandeln, indem man sich also vorstellt, daß der Erreger ein Kontinuum von Wellen ausstrahlt und der Meßresonator sowie die Gitterresonatoren nur auf je eine einzige Wellenlänge ansprechen. Offenbar ist diese Auffassung aber auch hier nur zulässig, falls tatsächlich die Dämpfung der Resonatoren verschwindend klein gegen die des Oszillators ist. Wenn die Versuche des Hrn. Paetzold also einen Widerspruch zu jener Auffassung ergeben, so würde unter der Voraussetzung, daß seine Messungen nicht von Störungen und Fehlern beeinträchtigt gewesen sind, für mich *daraus nur folgen, daß jene extremen Dämpfungsbedingungen bei seiner Anordnung nicht erfüllt waren.*

Ich werde indessen zeigen, daß die Paetzoldschen Versuche in vielen Beziehungen durchaus nicht einwandfrei sind. Darin unterscheiden sie sich z. B. von den Untersuchungen des Hrn. Garbasso aus dem Jahre 1893, von denen Hr. Paetzold

1) H. Poincaré, Les oscillations électriques, p. 111 u. 315. Paris 1894.

2) P. Drude, Physik des Äthers, p. 430. Stuttgart 1894.

3) J. v. Geitler, Elektromagnetische Schwingungen und Wellen (Die Wissenschaft, Heft 6), p. 129—130. Braunschweig 1905.

4) Vgl. A. Garbasso, Atti di Torino 30. 16. Dez. 1904. Anm. 2 auf p. 3.

5) Der Ausdruck „Absorption“ ist hierbei nicht ganz wörtlich zu nehmen. Die Beobachtungen lehren, daß vorzugsweise eine Wellenlänge nicht hindurchgelassen wird. Ihre Energie gelangt indessen zum größten Teile nicht zur Absorption, sondern sie wird reflektiert.

6) l. c.

7) l. c.

bemerkt, daß sie „heute kaum noch großes Vertrauen finden dürften“, eine durchaus ungerechtfertigte Behauptung, die entschieden zurückgewiesen werden muß, wenn ihre Schärfe auch durch den Hinweis auf die „damals naturgemäß noch unvollkommenen Hilfsmittel“ zu mildern gesucht wird. Was die von Garbasso benutzten Hilfsmittel betrifft, so waren es dieselben, deren sich Hertz bei seinen klassischen Untersuchungen bedient hatte, und die besten modernen Hilfsmittel führen nicht weiter, wenn man keinen richtigen Gebrauch von ihnen zu machen weiß.

Zuerst stieß Hr. Paetzold auf einen Widerspruch zu den von Schaefer und mir mitgeteilten Beobachtungen, als er den Durchgang elektrischer Wellen durch räumlich, d. h. in drei Dimensionen, angeordnete Resonatorenssysteme untersuchte. Jeder einzelne lineare Resonator des Systems war 18 cm lang. Es wurde für eine Reihe von Empfangsresonatoren verschiedener Länge die Durchlässigkeit des Systems bestimmt und dabei zeigte sich, daß keineswegs für einen Meßresonator von 18 cm Länge ein Absorptionsmaximum auftrat. Nun war aber der gegenseitige Abstand je zweier benachbarter Resonatoren des Systems viel zu klein gewählt worden. Er betrug 1 oder 2 cm, d. h. nur  $\frac{1}{18}$  oder höchstens  $\frac{1}{9}$  der Resonatorenlänge. Unter diesen Umständen mußte man von vornherein erwarten, daß eine gegenseitige Beeinflussung der einzelnen Elemente stattfinden würde, so daß eine Änderung ihrer Eigenperiode und Dämpfung nicht verwunderlich erscheint. Daß die Dichtigkeit der Resonatoren tatsächlich ihre Eigenperiode in komplizierter Weise beeinflusst, ist auch durch besondere Versuche kürzlich von Hrn. Schaefer<sup>1)</sup> nachgewiesen worden.

Mein Hauptbedenken gegen diese und andere Beobachtungsreihen des Hrn. Paetzold richtet sich indessen auf einen anderen Punkt. Der Verfasser arbeitet zumeist mit divergenten Strahlenbündeln; es werden weder Hohlspiegel noch Linsen benutzt. Es braucht kaum betont zu werden, daß ein solches Verfahren auch bei analogen Messungen auf optischem Gebiete durchaus unstatthaft wäre. In einigen späteren Versuchen wird zwar eine mit Petroleum gefüllte Flasche vor den Erreger gesetzt,

---

1) Cl. Schaefer, Ann. d. Phys. 16. p. 106. 1905.

doch fehlt auch in diesem Falle die Angabe, daß die Strahlen parallel aus dieser Linse austraten. In den Versuchen an räumlichen Resonatorensystemen handelte es sich jedenfalls um ein total divergentes Bündel, und dieser Umstand bildet naturgemäß eine außerordentlich schwer ins Gewicht fallende Fehlerquelle, die gerade beim Durchgang der Strahlen durch Resonatorensysteme in besonders hohem Maße zur Geltung kommen mußte. Ein räumlich angeordnetes System von Resonatoren stellt nämlich ein stark brechendes und dispergierendes Medium dar für alle Wellen, deren Perioden sich von der Eigenperiode seiner Elemente nicht allzu sehr unterscheiden.<sup>1)</sup> In der Nähe der Konsonanz ist die Dispersion sogar anomal. Um solche Wellen handelt es sich aber gerade in dem vorliegenden Falle. Im Strahlengange befindet sich eine planparallele Schicht jenes stark brechenden Mediums, — ich setze den günstigsten Fall und will nicht annehmen, daß in den Paetzoldschen Versuchen das System noch obendrein prismatische Gestalt besaß. Alle schief auffallenden Strahlen müssen in dieser Schicht eine Parallelverschiebung erleiden, wie sie unter den gleichen Bedingungen seinerzeit schon von Garbasso und mir (l. c. p. 540) ausdrücklich festgestellt wurde. Da das ankommende Bündel aber divergent ist, werden die Strahlen unter den gegebenen Verhältnissen dadurch von beiden Seiten her nach der Mitte hin zusammengedrängt, und so muß in dem Falle, daß der Intensitätsverlust durch Absorption und Reflexion nicht zu groß ist, die auf den Empfangsapparat fallende Energie durch Einschaltung des Resonatorensystems vermehrt werden. Eine solche Verstärkung der ankommenden Strahlungsenergie hat Hr. Paetzold, wie er angibt, tatsächlich in vielen Fällen beobachtet, und er war augenscheinlich außerordentlich überrascht, als die Erscheinung eintrat. Die richtige Erklärung hat er aber nicht gefunden und die von ihm vorgeschlagene Deutung ist, wie wir noch sehen werden, durchaus irrig.

Wie groß der Effekt jener Parallelverschiebungen sein wird, hängt offenbar u. a. von den Entfernungen zwischen dem Erreger, dem Resonatorensystem und dem Empfänger,

---

1) A. Garbasso u. E. Aščkinass, l. c.

sowie von der Dicke der durchstrahlten Schicht ab. Ferner aber ist die Größe der Verschiebung verschieden groß für die einzelnen Empfangsresonatoren. Denn der Brechungsexponent des Mediums variiert sehr stark — und zwar in komplizierter Weise, da wir uns in einem Gebiete anomaler Dispersion befinden — mit der Wellenlänge. Man erhält demnach an allen Stellen des untersuchten Spektralgebietes, und zumal in der interessanten Region, eine Zusatzenergie, deren Betrag nicht konstant ist, sondern für die einzelnen Empfänger eine verschiedene Größe besitzt. Dieser Effekt lagert sich nun über die selektive Absorption, und so kann es nicht überraschen, wenn das Absorptionsmaximum unter diesen Umständen eine merkliche Verschiebung erleidet.

Weitere Versuche hat Hr. Paetzold mit Resonatorsystemen, die lediglich in einer Ebene angeordnet waren, ausgeführt. Auch in diesem Falle kann sehr wohl eine merkliche Brechung der Strahlen erfolgen, da sich die Wirkungssphäre eines schwingenden Resonators ja nicht auf seine Ebene beschränkt. Zunächst wurden wieder weder Linsen noch Hohlspiegel benutzt. Die Divergenz der Strahlenbündel mußte also wiederum Störungen zur Folge haben, und ich kann es mir nach dem früher Gesagten erlassen, auf weitere Einzelheiten einzugehen. Schließlich entschloß sich der Verfasser, seine Versuchsanordnung „der von Aschkinass und Schaefer *nach Möglichkeit*“ anzupassen. Jetzt erhielt er auch in der Tat die richtige Lage des Absorptionsmaximums. Die Parallelität der Strahlen scheint indessen auch hier nur mangelhaft gewesen zu sein — etwaige andere Fehlerquellen entziehen sich meiner Kenntnis —, da die Gestalt der Absorptionskurve von der von uns beobachteten noch erheblich abweicht; insbesondere sind die von uns gemessenen Absorptionswerte an den in erster Linie in Frage kommenden Punkten ihrem Betrage nach wesentlich größer. Die folgenden Beobachtungsreihen, in denen einerseits die Periode des Erregers, andererseits die des Empfängers variiert wurde, stehen wiederum nicht im Einklange mit meinen Erfahrungen noch mit denen anderer Beobachter. Nachdem jedoch im vorhergehenden bereits die wesentlichen Punkte erörtert worden sind, erübrigt es sich, auf alle Einzelheiten noch näher einzugehen.



Verweilen will ich nur noch bei der letzten Gruppe von Versuchen, auf Grund deren Hr. Paetzold seine und unsere Beobachtungen erklären zu können behauptet. Meines Erachtens gibt er zwar durchaus keine Erklärung — da, wo man eine solche erwartet, ist die Arbeit zu Ende — und begnügt sich auch zuerst mit der bloßen Versicherung, daß sich die Beobachtungen nun „im ganzen wohl verstehen lassen“, zum Schluß aber heißt es kategorisch, daß sie „nicht als Absorptionsmessungen aufzufassen sind, sondern daß ihre Resultate durch das Zusammenwirken der Erregerstrahlung und der von den Gitterresonatoren ausgehenden Schwingung entstanden sind“. Wie kommt es denn aber, frage ich, daß die Lage der Absorptionsmaxima in meinen gemeinsam mit Schaefer ausgeführten Versuchen in so einfach gesetzmäßiger Weise von der Dielektrizitätskonstante des umgebenden Mediums abhingt?<sup>1)</sup> Ich möchte es nicht für völlig ausgeschlossen halten, daß man die Schirmwirkung und das Reflexionsvermögen von Resonatorensystemen nicht vielleicht auch auf eine von diesen ausgehende Emission ganz oder teilweise zurückführen könnte. Das ist jedoch bisher noch in keiner Weise geschehen und die Paetzoldschen Versuche liefern auch hierfür durchaus keinen Beitrag. Denn alle die Erscheinungen, die von ihm als Wirkungen eines solchen sekundären Effektes angesprochen werden, lassen sich im Rahmen der üblichen Anschauungsweise sehr einfach erklären. Teilweise sind aber die Schlüsse des Verfassers auch direkt irrig.

Es wird u. a. folgender Versuch beschrieben: Der Meßresonator wird unter einem Winkel von  $90^\circ$  gegen den Oszillator geneigt aufgestellt. Er kann unter diesen Umständen offenbar nicht ansprechen und er zeigte in der Tat keine Strahlung an. Nun wurde ein Resonatorengitter unter  $45^\circ$  Neigung in den Strahlengang gebracht und alsbald zeigte sich am Empfänger eine lebhaft wirkung. Nach der Ansicht des Verfassers kann dieser Effekt lediglich von einer *Emission* des Gitters herrühren, denn der erste Versuch hatte ja „bewiesen“, daß „der Meßresonator der Einwirkung des Erregers gänzlich entzogen“

1) E. Aschkinass u. Cl. Schaefer, Ann. d. Phys. 5. p. 490. 1901. Es war gerade der Zweck dieser Arbeit, jene Abhängigkeit von der Dielektrizitätskonstante im Anschluß an die Theorie zu prüfen.

war! — Ich erinnere an den berühmten Hertzschen Gitterversuch: Befinden sich Erreger und Empfänger in „gekreuzter“ Stellung zueinander, so daß der Sekundärleiter nicht reagiert, dann zeigt er sofort wieder eine Wellenwirkung an, wenn man ein Hertzsches Drahtgitter unter  $45^\circ$  in den Strahlengang einführt — das bekannte Analogon zur Aufhellung des Gesichtsfeldes zweier gekreuzter Nicols durch eine eingeschobene Turmalinplatte. Oder soll dieser Versuch gleichfalls beweisen, daß von dem Gitter selbst eine Strahlung ausgeht? Und sollen wir schließen, daß eine Kristallplatte zwischen gekreuzten Nicols plötzlich zu leuchten beginnt? Eine solche Auffassung stände jedenfalls nicht „im Einklange mit den jetzt allgemein anerkannten theoretischen Ansichten“. Ein Gitter aus Resonatoren verhält sich nun bekanntermaßen für die Wellen, auf die es abgestimmt ist, genau wie ein Hertzsches Gitter; jedes Resonatorensystem ist ein anisotropes Gebilde, da es ja stets nur auf den Vektor anspricht, der parallel zur Längsrichtung seiner Elemente schwingt. Der zuletzt erwähnte und längst bekannte Versuch des Hrn. Paetzold zeigt also nichts anderes, als daß ein linearer Resonator eine ankommende Schwingung in eine ihm parallele und eine zu ihm senkrechte Komponente zerlegt; die letztere wird ungeschwächt hindurchgelassen, während von der ersteren, wie stets, ein um so geringerer Bruchteil hindurchgeht, je besser die Periode der ankommenden Welle mit der Eigenperiode des Resonators übereinstimmt.

Diese und ähnliche Messungen des Hrn. Paetzold sind übrigens sämtlich im Anschluß an gewisse ältere Versuche von K. F. Lindman<sup>1)</sup>, die gleichfalls im Leipziger physikalischen Institute ausgeführt wurden, unternommen worden. Ich benutze die Gelegenheit, um auch die Lindmanschen Überlegungen, soweit sie das vorliegende Thema berühren, zu berichtigen, zumal sie bisher unwidersprochen geblieben sind. Diese Versuche unterscheiden sich von den Paetzoldschen im Grunde nur dadurch, daß ein einzelner Resonator statt eines Systems von solchen zwischen Erreger und Empfänger eingeschaltet wurde. Auch Hr. Lindman glaubt eine Sekundär-

---

1) K. F. Lindman, *Ann. d. Phys.* 7. p. 835. 1902.

strahlung dieses Resonators zu messen, wenn er ihn in geeigneter Stellung zwischen die gekreuzten Apparate einführt. Offenbar ist aber auch hier in Wahrheit der Hauptsache nach von einer Sekundärstrahlung gar keine Rede, der einzelne Resonator vollzieht vielmehr dieselbe Funktion wie ein Gitter, er zerlegt die ankommenden Schwingungen in zwei Komponenten und zur Beobachtung gelangt tatsächlich, wenigstens in erster Linie, ein Teil der Strahlung des *Erregers*.

Hr. Paetzold will nun ferner umgekehrt die vom Resonatorengitter durchgelassene Strahlung des Erregers messen, ohne gleichzeitig von der „Strahlung des Gitters“ behelligt zu werden. Zu diesem Zwecke neigt er das Gitter unter  $45^{\circ}$  gegen den Erreger und unter  $90^{\circ}$  gegen den Empfänger. Zu seiner Überraschung findet er, daß die Einfügung des Gitters in dieser Stellung die zur Beobachtung gelangende Strahlung durchaus nicht schwächt — ein offenbar ganz selbstverständliches Resultat: die einzige Schwingungskomponente, die auf den Empfänger wirken kann, muß jetzt eben ungeschwächt vom Gitter hindurchgelassen werden, da sie senkrecht auf seinen Elementen steht. Der Verfasser schließt jedoch merkwürdigerweise gerade aus diesem Versuche, daß im Gegensatz zu unseren Behauptungen ein Resonatorengitter überhaupt keine direkte Absorption, will sagen Intensitätsschwächung, auf die ankommende Strahlung ausübt. Nun aber erscheint es ihm seltsam, daß er in den früheren Versuchen dessenungeachtet oft eine schwächende Wirkung konstatieren konnte, obwohl doch, wie er sagt, zu der „fast ungeschwächten Strahlung des Erregers noch die, wie gefunden wurde, ebenfalls starke Strahlung des Gitters hinzutritt“! Augenscheinlich wird also jene Energievermehrung beim Einschalten des Gitters, die auf offenbaren Versuchsfehlern beruhte, als die im Grunde genommen regelmäßig zu erwartende Erscheinung aufgefaßt und die absorbierende Wirkung als einer neuen Erklärung bedürftig hingestellt. Nach Hrn. Paetzold kann diese „Erklärung nur in der Tatsache gesucht werden, daß zwischen der einen Resonator anregenden und der von diesem ausgehenden Schwingung eine Phasendifferenz besteht“.

Hätte der Verfasser sich auch einmal die Erscheinungen angesehen, die *vor* dem Resonatorengitter, d. h. zwischen ihm

und dem Erreger, vor sich gehen, so wäre er vielleicht nicht zu so seltsamen Schlüssen gekommen. Er hätte dann wohl bemerkt, daß ein solches Gitter ein sehr guter Reflektor ist, und zwar in besonders hohem Maße für die Wellen, auf die seine Elemente abgestimmt sind. Untersucht man die selektiv reflektierte Strahlung für den Fall der stärksten Resonanz quantitativ, so erhält man bei genügender Dichte der Elemente ein Reflexionsvermögen von 100 Proz. An einer mit Resonatoren bedeckten Fläche ist die Reflexion ferner eine streng geometrische. Man kann daher Parabolspiegel mit scharfen Brennlinien aus Resonatorensystemen herstellen, wie von Zehnder<sup>1)</sup>, Garbasso und mir<sup>2)</sup> gezeigt wurde. Selbstverständlich wird aber stets nur die Komponente reflektiert, die der Längsrichtung der Resonatoren parallel schwingt. Wenn der Verfasser also seine Vorstellung aufrecht erhalten wollte, daß ein Resonatoren-gitter nur emittiert, so müßte er zeigen, warum es lediglich nach vorn hin und zwar nur in bestimmten Richtungen „strahlt“. Einstweilen wird es jedoch vorzuziehen sein, diese Erscheinung, so wie bisher, als Reflexion zu bezeichnen.

Charlottenburg, Physik. Institut der Techn. Hochschule.  
Januar 1906.

---

1) L. Zehnder, Wied. Ann. 52. p. 34. 1894.

2) A. Garbasso u. E. Aschkinass, l. c.

(Eingegangen 26. Januar 1906.)