Zeitschrift: Helvetica Physica Acta
Band: 9 (1936)
Heft: V

Artikel: Über die Lichtbeugung der Ultraschallwellen in Luft
Autor: Bär, R.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-110632

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 12.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Über die Lichtbeugung der Ultraschallwellen in Luft

von **R. Bär.**

(29. IV. 36.)

Bekanntlich wurde, nachdem die Lichtbeugung an Ultraschallwellen in Flüssigkeiten und festen Körpern bereits im Jahre 1932 von DEBYE-SEARS und LUCAS-BIQUARD nachgewiesen worden war, im Jahre 1934 und zwar von BACHEM, HIEDEMANN und ASBACH[1]) und von DEBYE, SACK und COULON[2]) der Versuch ausgeführt, die bei der Beugung an stehenden Schallwellen auftretenden Beugungsspektren durch eine Linse zur Überlagerung zu bringen und dadurch eine „Abbildung" der Schallwellen herzustellen. Für Gase, d. h. für Luft von Atmosphärendruck, wurde der Abbildungsversuch schon im Jahre 1930, also vor den Versuchen von DEBYE-SEARS und LUCAS-BIQUARD, von TAWIL[3]) angestellt und dann von POHLMANN[4]), offenbar ohne Kenntnis der Tawil'schen Arbeiten, im Jahre 1935 wiederholt. Der andere Versuch, die bei der Lichtbeugung an Ultraschallwellen im Gase auftretenden Beugungsspektren selbst nachzuweisen, wurde dagegen bisher nie ausgeführt. Dies rührt wahrscheinlich daher, dass sowohl TAWIL als auch POHLMANN ihre Versuchsanordnungen als Schlierenmethode bezeichnen, sodass vielleicht nicht ohne weiteres klar wird, dass das Auftreten von Beugungsspektren notwendig ist, um die von diesen Autoren erhaltenen Abbildungen der Schallwellen zu erzeugen. POHLMANN hebt es sogar ausdrücklich als einen Vorteil seiner Methode hervor, dass die stehenden Schallwellen in seiner Anordnung mit kleinen Hilfsmitteln leicht sichtbar gemacht werden können, während nach seiner Meinung „die Methode von DEBYE-SEARS und LUCAS-BIQUARD wegen der sehr geringen Unterschiede des Brechungsindexes kaum anwendbar ist".

Es schien deshalb nützlich, die Versuche von TAWIL und POHLMANN zu wiederholen und experimentell zu zeigen, dass stehende Schallwellen nur sichtbar gemacht werden können, wenn

---

[1]) CH. BACHEM, E. HIEDEMANN und H. R. ASBACH, ZS. f. Phys. **87**, 734, 1934.
[2]) P. DEBYE, H. SACK und F. COULON, C. R. Paris, **198**, 922, 1934.
[3]) E. P. TAWIL, C. R., Paris, **191**, 92, 168 und 989, 1930.
[4]) R. POHLMANN, Naturw. **23**, 511, 1935.

gleichzeitig auch Beugungsspektren erzeugt werden, sodass also für beide Aufgaben dieselben apparativen Hilfsmittel nötig sind. Da, wie erwähnt, TAWIL und POHLMANN ihre Versuchsanordnung als Schlierenmethode ansehen, und da diese Methode bekanntlich umso empfindlicher wird, je grösser die in der Anordnung verwendeten Lichtwege sind, so benutzen beide Autoren möglichst langbrennweitige Linsen oder Spiegel. Dies ist nun offenbar unnötig; denn die Winkel ϑ_n, unter denen die Beugungsspektren der n-ten Ordnungen auftreten, sind natürlich von der Intensität der Schallwelle unabhängig und $= n\,\lambda/\Lambda$ (λ = Licht- und Λ = Schallwellenlänge); das heisst also: durch Vergrösserung des Lichtweges wird die Anordnung nicht besser geeignet, um kleine Schallintensitäten nachzuweisen. Bei der von POHLMANN und daher nun auch von mir benutzten Schallwellenlänge von ca. 0,4 mm genügen die früher[1]) zu den Versuchen in Flüssigkeiten verwendeten Linsen mit Brennweiten von 40—50 cm vollständig. Die Versuche wurden daher, bis auf unwesentliche Abänderungen, in der beschriebenen Anordnung[1]) ausgeführt. Als Lichtquelle diente eine Glühfadenlampe mit gerader Drahtwendel; mit einem asphärischen Kondensor von Zeiss wurde der Glühfaden auf einen Spalt abgebildet. Das vom Spalt ausgehende Licht wurde durch eine Leitz'sche Projektionslinse L_1 mit 50 cm Brennweite parallel gemacht, durchsetzte hierauf die Schallwelle und fiel dann auf die Projektionslinse L_2 von 40 cm Brennweite, in deren Brennebene also das Spaltbild entworfen wurde. Als Piezoquarz wurde eine Scheibe von 6 cm Durchmesser und 3 mm Dicke (Grundschwingung = ca. 935 kHz.) verwendet. Der zum Betriebe des Quarzes dienende Sender lieferte ca. 30 Watt, also ca. 1 Watt pro cm^2 Quarzoberfläche. Um stehende Schallwellen zu erzeugen, wurde in ca. 8 cm Abstand von der Piezoquarzscheibe und dieser parallel eine plane Glasplatte als Reflektor aufgestellt. Da die stehenden Wellen sich in der Nähe des Reflektors am intensivsten ausbilden, ging der Lichtstrahl in möglichster Nähe der Glasplatte durch die Schallwelle hindurch. Als gegenseitiger Abstand der zwei Beugungsspektren der ersten Ordnung berechnet sich in unserer Anordnung für $\lambda = 5000$ Å der Wert 1,1 mm; das dazwischenliegende Spektrum der nullten Ordnung wurde durch einen Draht von 0,8 mm Durchmesser weggeblendet.

In der beschriebenen Versuchsanordnung waren nun sowohl bei fortschreitenden als auch bei stehenden Schallwellen die beiden ersten Ordnungen der Beugungsspektren in der Tat recht intensiv

[1]) R. BÄR, Helv. Phys. Acta **8**, 591, 1935.

sichtbar und es traten sogar die beiden Spektren der zweiten Ordnung noch schwach auf. Auch die photographische Aufnahme der Beugungsspektren bereitete natürlich keinerlei Schwierigkeiten (von der Wiedergabe von Bildern soll abgesehen werden). Wenn man die neue Theorie der Lichtbeugung an Ultraschallwellen von RAMAN und NAGENDRA NATH[1]) anwendet[2]), so ergibt sich durch Vergleich der beobachteten Beugungserscheinung mit der dort in Fig. 1 wiedergegebenen berechneten, dass das Licht nach dem Durchgang durch die Schallwelle maximale Phasenabweichungen vom Mittelwert im Betrage von ca. $\pm 2\pi$ aufweist. Dem entspricht unter unsern Versuchsbedingungen eine durch die Schallwelle verursachte Änderung des Brechungsindex $\delta n = \pm 1{,}3 \cdot 10^{-6}$, welcher Wert mindestens der Grössenordnung nach richtig sein sollte. Auch die zugehörige Druckänderung δp lässt sich ungefähr berechnen. Es ist nach LORENTZ-LORENZ für Luft

$$(n^2 - 1)/(n^2 + 2) \cdot 1/\varrho = 0{,}2 \qquad (\varrho = \text{Dichte}),$$

also wird $\delta \varrho = 4{,}3 \cdot 10^{-6}$. Aus $d\varrho/\varrho = 1/\gamma \cdot dp/p$ (mit $\gamma = 1{,}4$) folgt dann $\delta p = 4{,}8 \cdot 10^3 = 4{,}8 \cdot 10^{-3}$ atm. Die pro cm² und sec in einer Richtung ausgestrahlte Energie e wird dann ($\varkappa$ = Kompressibilität, u = Schallgeschwindigkeit) $e = \varkappa u \delta p^2/2 = 3 \cdot 10^5 = 3 \cdot 10^{-2}$ Watt, also nur wenige Prozent der vom Sender dem Quarz zugeführten Leistung. Schliesslich kann man noch die Amplitude A der Schwingung des Piezoquarzes berechnen und erhält aus $\delta p = \omega u p A$ ($\omega = 2\pi \cdot$ Schallfrequenz) $A = 2 \cdot 10^{-5}$ cm.

Was nun die Abbildung stehender Schallwellen betrifft, so wird dieselbe bewerkstelligt durch die Linse L_2 und zwar genau in derselben Weise, wie dies früher[2])[3]) für Schallwellen in Flüssigkeiten beschrieben wurde. Die Versuchsanordnung blieb dazu also vollständig unverändert; insbesondere musste, da die Beugungsspektren der zweiten Ordnung zu schwach waren, um noch merklich zur Abbildung beizutragen, das Spektrum nullter Ordnung auch zu diesen Versuchen weggeblendet werden, da es ja mit den beiden Spektren der ersten Ordnung inkohärent ist. Die in der Linse L_1 vorhandenen optischen Inhomogenitäten machen sich in der Abbildung recht störend bemerkbar. Wenn man die Schallwelle aber nicht unmittelbar hinter der Linse L_1 erzeugt, sondern erst in ca. 50 cm Entfernung, so werden diese Inhomogenitäten nicht gleichzeitig mit der Schallwelle scharf abgebildet und stören

[1]) C. V. RAMAN und N. S. NAGENDRA NATH, Proc. Ind. Acad. Sci. (A) **2**, 406, 1935.

[2]) Vgl. für das Folgende: R. BÄR, Helv. Phys. Acta **9**, 265, 1936.

[3]) R. BÄR, Helv. Phys. Acta **8**, 591, 1935.

dann etwas weniger. Mit dieser einzigen Modifikation gegenüber den früher beschriebenen Versuchen zur Abbildung der Schallwellen in Flüssigkeiten sind die hier in Fig. 1 wiedergegebenen Bilder erhalten. Fig. 1a stellt das leere Gesichtsfeld dar, d. h. bei Abwesenheit der Schallwelle. Fig. 1b wurde dadurch erhalten, dass von den beiden Beugungsspektren erster Ordnung eines weg-

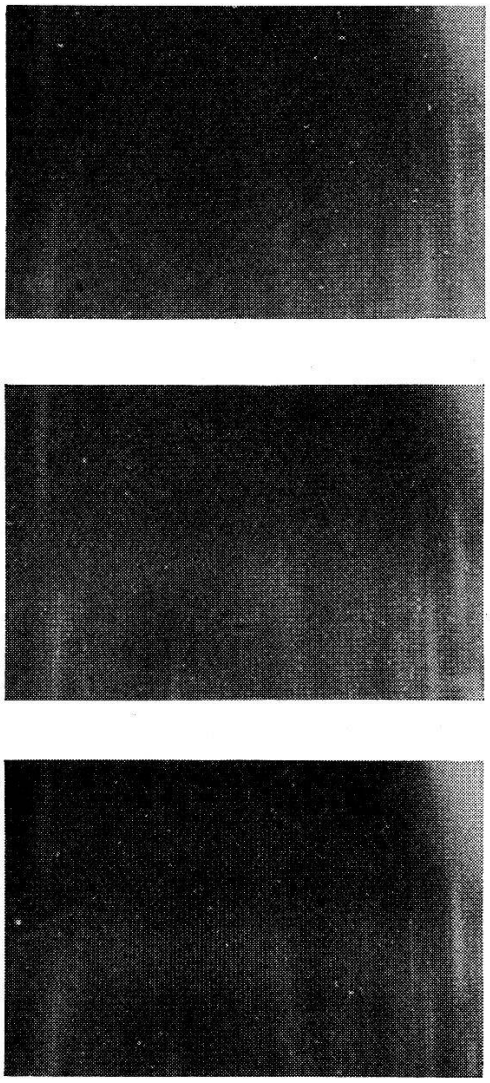

Fig. 1.
Abbildung stehender Ultraschallwellen in Luft: (a) leeres Gesichtsfeld, (b) ein Beugungsspektrum 1. Ordnung wird weggeblendet, (c) beide Spektren erster Ordnung sind wirksam.

geblendet wurde, sodass also nur das andere auf die photographische Platte fiel und hier eine Art Schlierenbild der Schallwelle erzeugte. Fig. 1c endlich gibt die bei der Überlagerung beider Beugungsspektren entstehende Abbildung der Schallwelle wieder. Es sei noch bemerkt, dass man bei der Abbildung fortschreitender Wellen ungefähr das gleiche Bild erhält wie das in Fig. 1b wiedergegebene.

Es ist klar, dass man sowohl durch Ausmessung des Abstandes der Beugungsspektren als auch desjenigen der stehenden Wellen nun genau wie in Flüssigkeiten die Schallgeschwindigkeit in Gasen bestimmen kann. In Luft wurden aber mit dem sogen. Schallinterferometer bis hinauf zur Frequenz 1000 kHz schon sehr viel genauere Messungen der Schallgeschwindigkeit ausgeführt, als sie mit unserer nur für die beschriebenen orientierenden Versuche geeigneten Anordnung einstweilen möglich sind; daher bieten solche Messungen mit dieser Anordnung kein Interesse.

Physikalisches Institut der Universität Zürich.