

Ueber die Beugung des Schalles.

Von Dr. O. TUMLIRZ.

Mit 18 Figuren Text.

I.

Prof. Mach ¹⁾ hat vor einigen Jahren mehrere Versuche über die Reflexion und Brechung des Schalles mitgetheilt und dabei hauptsächlich die Verschiedenheit der Wellenlänge als Grund hervorgehoben, warum sich die Gesetze der Reflexion und Brechung des Lichtes nicht ohne Weiteres auf das Gebiet des Schalles übertragen lassen. Auf diesen Punkt ist bei der früheren Behandlung akustischer Fragen viel zu wenig Rücksicht genommen worden, was natürlich falsche Analogieschlüsse unmittelbar zur Folge haben musste. Die Verschiedenheit der Wellenlänge ist es nicht nur, welche den Vorgang der Reflexion und Brechung des Schalles oft ganz anders gestaltet, als man nach analogen Lichterscheinungen erwarten sollte — man denke nur z. B. an die regelmässige Reflexion an „rauhem Flächen“, deren Unebenheiten zur Wellenlänge in einem endlichen Verhältnisse stehen, — sie ist auch die Ursache, warum zum Nachweise des Reflexions- und Brechungsgesetzes des Schalles nicht jene einfachen Mittel zu gebrauchen sind, wie beim Licht. Denn während ich mir auf sehr leichte Weise einen Zug ebener Lichtwellen herstellen kann, die auch nach jeder beliebigen Reflexion und Brechung ebene Wellen bleiben, ist beim Schall ersteres nur in dem Falle zu erreichen, dass die Welle durch eine Röhre fortschreitet, letzteres aber ganz unmöglich, da eine ebene Welle sich beim Austritt aus der Röhre sofort in eine Kugel- oder Cylinderwelle verwandelt. Deshalb lassen sich beim

1) E. Mach und Fischer: „Ueber die Reflexion und Brechung des Schalles,“
Sitzb. d. kais. Akad. d. W. Bd. LXVII.

Schall nur solche Reflexionserscheinungen des Lichtes, die durch Kugel- oder Cylinderwellen hervorgebracht werden, ohne dass dabei eine Verwandlung in ebene Wellen nothwendig ist, also die Reflexionserscheinungen an gekrümmten Flächen (Ellipsoid, parabolische Spiegel) in derselben Reinheit wiederholen.

Noch grösser sind die Schwierigkeiten, die sich der Demonstration des Brechungsgesetzes des Schalles entgegenstellen. Versucht man den Brechungsvorgang mittels zweier verschiedener Gase zu beobachten, so müssen diese durch eine Scheidewand (Membran) getrennt sein. Diese schwächt aber die ankommende Bewegung derart, dass gewöhnliche Schallwellen oder Wellen unendlich kleiner Schwingungsweite ganz und gar nicht verwendet werden können. Wendet man aber Wellen endlicher Schwingungsweite (Explosionswellen, Funkenwellen) an, dann hat man wieder mit jenen Erscheinungen zu rechnen, die diesen Wellen eigen sind. Die verschiedenen Wellentheile schreiten verschieden rasch fort, denn die Fortpflanzungsgeschwindigkeit setzt sich aus der gewöhnlichen Schallgeschwindigkeit und der Molekulargeschwindigkeit zusammen. Alles, was diese Wellen verstärkt oder schwächt, vergrößert oder verringert ihre Fortpflanzungsgeschwindigkeit. Trifft nun eine solche Welle, die wir als eine ebene Welle voraussetzen wollen, eine gegen ihre Fortpflanzungsrichtung um einen von 90° verschiedenen Winkel geneigte Membran, so werden die einzelnen Schallstrahlen durch Reflexion an derselben ihre Nachbarstrahlen verstärken oder schwächen und dadurch bei diesen eine Aenderung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit herbeiführen. ¹⁾ Dass dies den Brechungsvorgang modificiren muss, ist selbstverständlich. Das Brechungsgesetz des Schalles kann daher experimentell nie so exakt bestimmt werden, wie das des Lichtes.

Der auf der Verschiedenheit der Wellenlänge basirende Unterschied der akustischen und optischen Erscheinungen findet sich am ausgesprochensten in der *Beugung*. Während Gegenstände von noch so kleinen Dimensionen Lichtschatten werfen, geht die Schallbewegung, mögen die ihr entgegenstehenden Hindernisse

*) Vergl. E. Mach und J. Simonides : „Weitere Untersuchungen der Funkenwellen.“ Sitzb. der k. Akad. d. W. Bd. LXXX. 1879.

auch sehr grosse Dimensionen haben, um diese herum. Die Untersuchung der Beugungserscheinungen des Schalles mittels Funkenwellen bildet nun den Inhalt der vorliegenden Arbeit.

II.

Ich liess die Funken, wie Prof. Mach mir vorschlug, am Ende einer Glasröhre, die mit einer die Elektroden tragenden

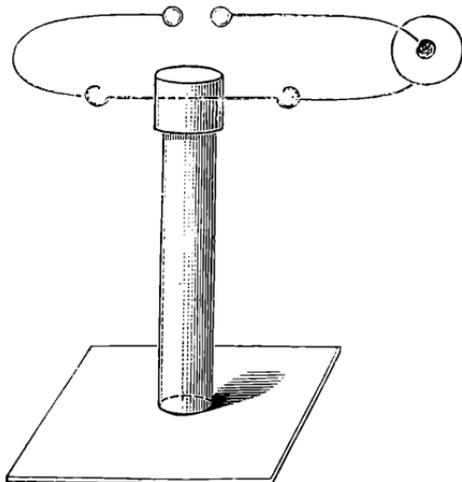


Fig. 1.

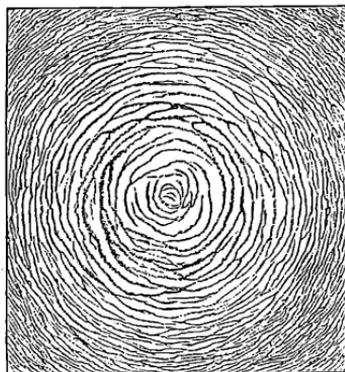


Fig. 2.

Kapsel gedeckt war, überschlagen. (Fig. 1.) Die Funkenwelle gibt nach ihrem Austritt aus der Röhre auf einem darunter gelegenen, mit Kohlenpulver bestreutem Stück Kartenpapiere ihren Verlauf durch Bildung von Rippen zu erkennen. Die Röhre selbst hatte bei meinen Versuchen einen Durchmesser von 16^{mm} — 21^{mm} und eine Länge von circa 120^{mm} . Auch mit einer noch weiteren Röhre kann man Rippen erhalten, während bei einem Durchmesser, der kleiner als 16^{mm} ist, die Funkenwelle den Staub einfach wegfeht. Auch die Stärke der Funkenwellen ist von Einfluss. Sie ist für die Bildung der Rippen nur innerhalb bestimmter Grenzen günstig. Man sieht dies sehr deutlich an der Fig. 2. Diese entstand dadurch, dass die Welle sich nach ihrem Austritt aus der Röhre nach allen Richtungen frei ausbreitete. In der Mitte der Figur, unmittelbar unter der Austrittsöffnung der Röhre, ist das Pulver fast weggefeht und die Rippen erscheinen

desto schwächer und ihr Abstand desto geringer, je weiter sie vom Centrum abstehen. Dies entspricht ganz der Natur der Funkenwellen, die mit der Entfernung fortwährend an Intensität einbüßen. Die Länge der Röhre ist nur insofern von Bedeutung, als von ihr die Intensität der austretenden Welle abhängt.¹⁾ Das Kartenpapier war von der Oeffnung der Röhre um circa 10^{mm} entfernt.

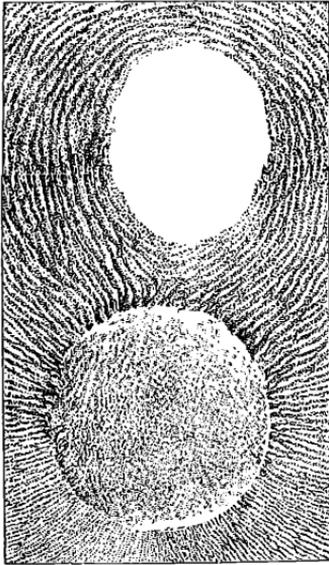


Fig. 3.

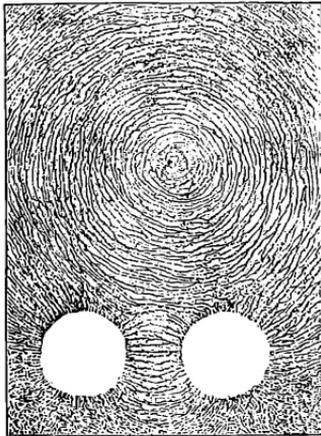


Fig. 4.

Um die entstandenen Figuren zu fixiren, wurde das Kohlenpulver mit flüssigem Gummi arabicum gemengt, nach dem Trocknen zerrieben und, nachdem die Figur erzeugt war, diese in Wasserdampf gehalten.

III.

Steht nun der aus der Röhre austretenden Wellenbewegung ein cylindrischer Stöpsel oder irgend ein anderer Gegenstand (in einer Entfernung von circa 4^{cm}) entgegen (Fig. 3), so geht die Welle auf beiden Seiten desselben herum, um jenseits wieder zu einer einzigen Welle zusammenzufließen. Zur Verstärkung der Wirkung war parallel zum Kartenpapier in derselben Entfernung als das Rohr eine Deckplatte angebracht, so dass die Bewegung in Cylinderwellen erfolgen musste.

Die Rippen bilden vor und hinter dem Stöpsel Kreise, während sie in seiner unmittelbaren Nähe normal zu denselben verlaufen.

1) Vergl. O. Tumlirz: „Ueber die Fortschreitung ebener Luftwellen von endlicher Schwingungsweite.“ Naturwissensch. Jahrbuch „Lotos.“ Neue Folge. I. Bd. 1880.

Stellt man der Röhre zwei Stöpsel gegenüber mit der gegenseitigen Entfernung von etwa 10^{mm} (Fig. 4), so geht die Welle um beide sowohl aussen wie innen herum und vereinigt sich wieder

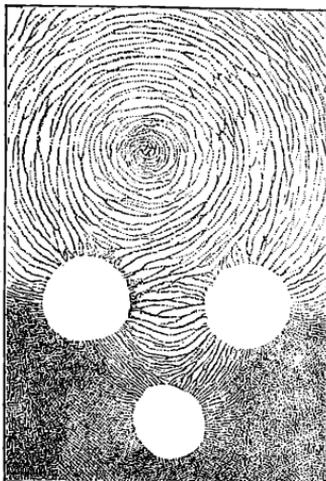


Fig. 5.

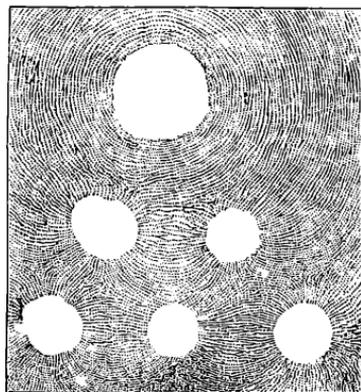


Fig. 6.

auf der anderen Seite zu einer einzigen Cylinderwelle. Die Rippen verlaufen wieder in unmittelbarer Nähe der Stöpsel normal zu diesen, wie dies überhaupt bei allen den hier beschriebenen Versuchen der Fall ist. Ganz dieselbe Erscheinung tritt bei 3, 4 und mehr Stöpseln auf, mögen diese in 1, 2, 3 oder mehreren Reihen aufgestellt sein. (Fig. 5 und Fig. 6.)

IV.

Noch interessanter gestalten sich die Beugungsercheinungen, wenn man als beugenden Gegenstand einen Schirm *S* (Fig. 7) unter der Oeffnung der Röhre parallel dem Kartenpapier *C* anbringt,

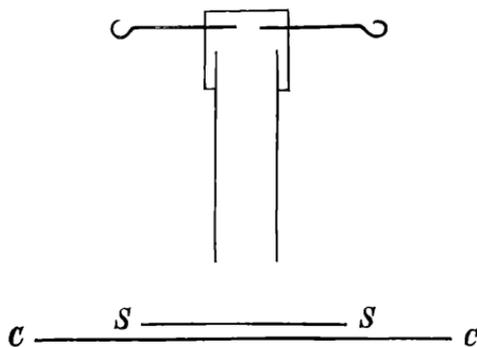


Fig.

denn es entstehen dann nicht blos Rippen unter dem Schirme, die über den Verlauf der Wellen Aufschluss geben, sondern auch

meistens neben schönen Interferenzerscheinungen ein Bild des Schirmes, von derselben geometrischen Form und von dem Aussehen eines Lichtschattens. Dieses Bild entsteht nur bei sehr geringem Abstände des S von C ; er betrug bei meinen Versuchen etwa 3mm während die Oeffnung der Röhre von S um $30\text{--}35\text{mm}$ entfernt war.

Hat der Schirm die Gestalt eines gleichseitigen Dreieckes oder eines Quadrates, so verlaufen die Rippen im Beugungsbilde

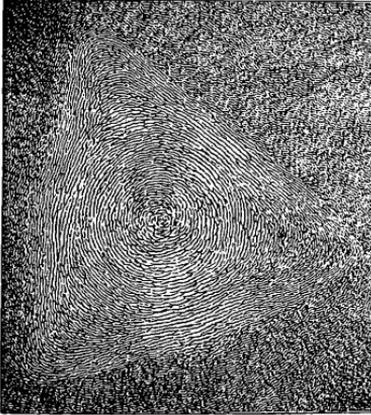


Fig. 8.

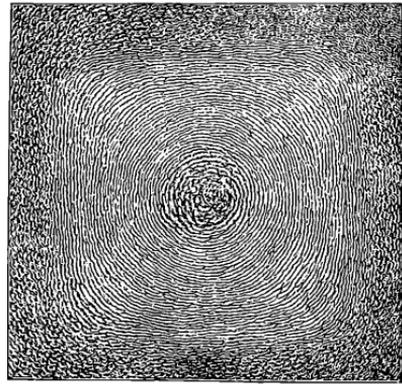


Fig. 9.

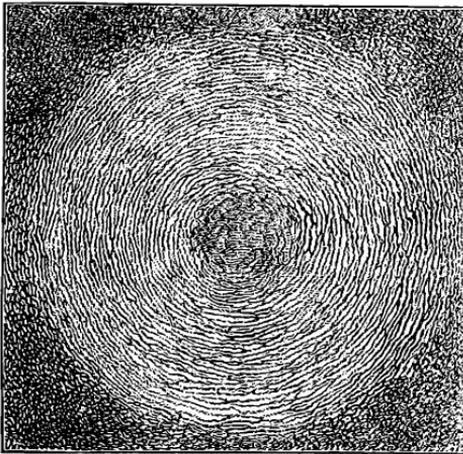


Fig. 10.

anfangs parallel den Seiten, vereinigen sich aber gegen die Mitte (den Durchschnittspunkt der Winkelhalbierungslinien) zu Kreisen. In den Winkelhalbierungslinien selbst sieht man Interferenzstreifen liegen. (Fig. 8 u. 9).

Ist der beugende Schirm eine Kreisfläche (Fig. 10), so bilden die Rippen im Beugungsbilde concentrische Kreise. Sehr schön ist das durch eine Ellipsenfläche hervorgerufene Beugungsbild.

Geht die Axe der Röhre durch den einen Brennpunkt, so erhalten wir ein elliptisches Schattenbild und in der Projection des zweiten

Brennpunktes von S ein Centrum. Dies ergibt sich aus der Natur der Ellipse. Sind nämlich B, B' die Brennpunkte der oberen, F, F' ,

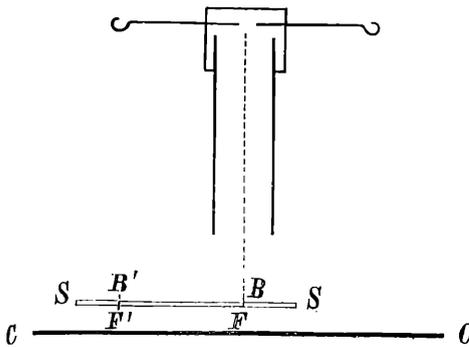


Fig. 11.

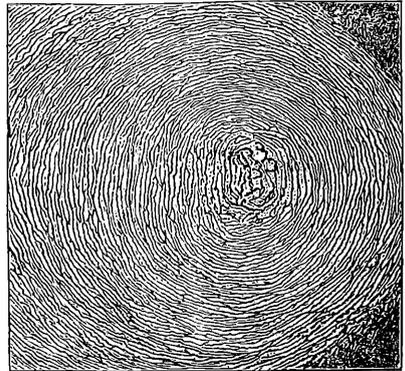


Fig. 12. 1)

die der unteren Fläche von S , so sind alle Wege, welche B mit F' verbinden und um den Rand herumgehen, gleich. (Fig. 11 und 12.)

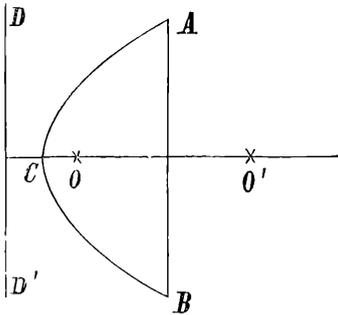


Fig. 13.

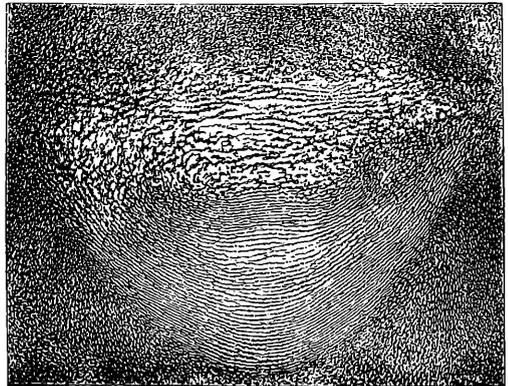


Fig. 14.

Erfolgt die Beugung durch ein parabolisches Flächenstück ²⁾, dessen Brennpunkt in der Axe der Röhre liegt, so erhalten wir in dem parabolischen Beugungsbilde eine Parabel als Interferenzstreifen.

1) Diese Figur ist leider durch ein Versehen des Xylographen nicht vollständig angegeben.

2) Der Parameter betrug bei meinen Versuchen 80mm.

(Fig. 13 und Fig. 14). Denn die Welle, die um AB herumgeht, scheint von O' zu kommen, das von AB ebensoweit entfernt ist wie O , während die um ACB herüberkommende Welle zu einer ebenen wird und aus der Direktrix DD' auszugehen scheint. Die neue Parabel hat CO' zur Axe, O' zum Brennpunkt und DD' zur Direktrix.

V.

Das Gegenstück zu diesen Beugungen bilden jene, die durch eine oder mehrere Oeffnungen einer Wand hervorgerufen werden. Aus jeder Oeffnung tritt die Welle, wenn parallel zum Kartenpapier eine Deckplatte angebracht ist, in Cylinderform aus, deren Achse beiläufig in der Oeffnung gelegen ist. Tritt die Bewegung durch mehrere Oeffnungen hindurch, so werden sich alle jene Cylinderwellen schon in geringer Entfernung von der Wand zu einer einzigen von derselben Form vereinigen. (Fig. 15.)

Auch beim Schall kann man Beugungserscheinungen beobachten, die den durch Reflexion entstandenen Beugungserschei-



Fig. 15.

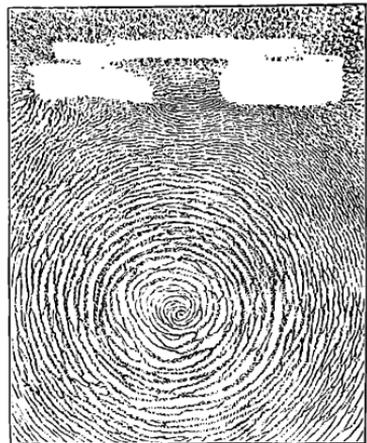


Fig. 16.

nungen des Lichtes ganz analog sind. Die Bedingungen sind ganz dieselben. Trifft eine Welle eine Wand von der Form WW in Fig. 16, so werden die Rippen in der Nähe der Einschnitte kreisförmig verlaufen und zwar so, als ob diese Theile der Wand durchbrochen wären und die Welle durch dieselben von dem Spiegel-

bilde der eigentlichen Schallquelle kommend in der entgegengesetzten Richtung hindurchgegangen wäre.

Im Anschluss an das Vorstehende will ich noch zwei Reflexionserscheinungen an rauhen Flächen mittheilen, an denen man so recht den oben erwähnten Einfluss der Wellenlänge auf den Verlauf der Erscheinungen erkennen kann. Ich construirte auf dem Kartenpapier eine Ellipse mit den Achsen 170^{mm} und 135^{mm} und stellte längs derselben cylinderförmige Korkstöpsel von 16^{mm} Durchmesser und 18^{mm} Höhe auf. Das Ende der Röhre, deren Achse genau durch den einen Brennpunkt hindurchging, war vom Papier $14-18^{\text{mm}}$

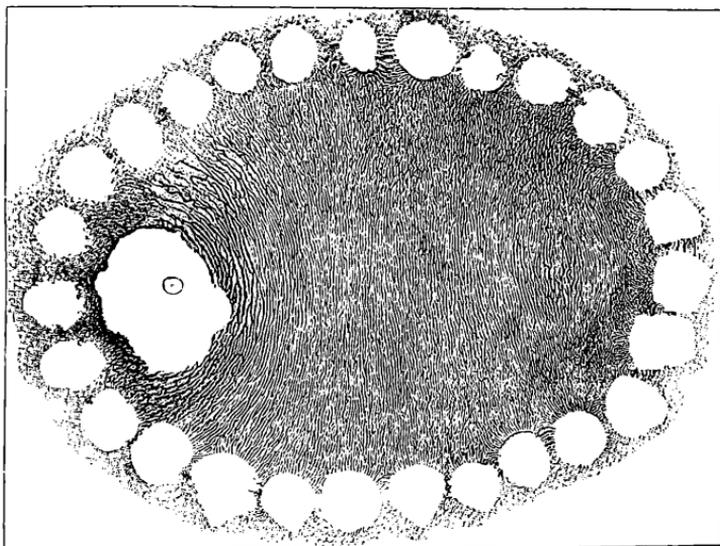


Fig. 17.

entfernt und der Stöpselkranz zur Verstärkung der Wirkung mit einer Platte bedeckt. Nach 20—25 Funken war die Figur in voller Reinheit erschienen und hatte ganz dasselbe Aussehen, als ob die Reflexion an einer elliptischen Cylinderfläche erfolgt wäre; um den andern Brennpunkt zeigte sich nämlich ein vollständig ausgesprochenes Centrum. (Fig. 17.) Dazu kommt noch der Umstand, dass die Stöpsel an manchen Stellen (absichtlich) nicht knapp aneinander gereiht, also zwischen ihnen Lücken waren, durch welche ebenfalls Wellentheile

hindurchtraten und dabei eine Beugung erfuhren. In der Figur 17 erblickt man ein Bild im Kleinen von jenen Reflexionserscheinungen, die man öfters an einem Waldesrand zu beobachten Gelegenheit hat, wobei bekanntlich der Schall, besonders wenn die Bäume dicht neben einander stehen, gerade so wie an einer ebenen Wand reflektirt wird. Noch überraschender zeigte sich das Bild, als ich

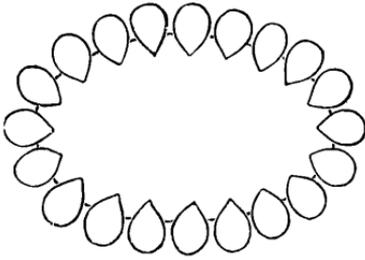


Fig. 18.

die Stöpsel in der in Fig. 18 angegebenen Weise zugeschnitten und mit der Kante längs der Ellipse aufgestellt hatte. Die Figur war genau dieselbe wie in dem vorhergehenden Falle.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Lotos - Zeitschrift fuer Naturwissenschaften](#)

Jahr/Year: 1880

Band/Volume: [30](#)

Autor(en)/Author(s): Tumlirz Otto

Artikel/Article: [Ueber die Beugung des Schalles. 35-44](#)