

Der Dualismus der physikalischen Wirkung

Die Quantenmechanik hat das so faszinierende wie irritierende Phänomen der dualistischen Natur der atomphysikalischen Zusammenhänge mit all seinen Konsequenzen ins Zentrum des naturwissenschaftlichen Betrachtens gerückt.

Dabei wird der Dualismus dort im Sinne einer Doppelnatur des Ursächlichen behandelt – was bedeutet, dass die beiden Komponenten des dualistischen Nebeneinanders (z.B. von Welle und Teilchen beim „Dualismus von Welle und Teilchen“) in den Vorstellungen der Quantenphysik je für sich eigene, d.h. von einander unabhängige, im Sinne der Bohr'schen Komplementarität dann miteinander verknüpfte Ursachen haben.

Für das „Wellenbild“ gibt es danach also eine eigenständige „Wellenursache“ und für das „Teilchenbild“ eine gleichberechtigt eigenständige „Teilchenursache“.

Eine solche Zuordnung erscheint dabei offenbar so selbstverständlich, dass niemandem bislang in den Sinn gekommen zu sein scheint, dass der nachgewiesene Dualismus keineswegs grundsätzlich und automatisch primär der Kausalkomponente „Ursache“ zugeordnet werden muss.

Tatsächlich kann nämlich mit mindestens der gleichen theoretischen Berechtigung durchaus auch die andere Komponente der Kausalität, nämlich die „Wirkung“, allein für das dualistische Erscheinen der atomphysikalischen Zusammenhänge verantwortlich sein.

Wäre dem nun tatsächlich so, dann hätte dies in der Tat Konsequenzen mit unabsehbaren Folgen, dann wäre das Dualismusphänomen, allem vordergründigen Anschein und allen bisherigen Vorstellungen zum Trotz, tatsächlich auf eine **einzige** Ursache zurückführbar.

Damit aber könnten mit einem Schlag all die Paradoxien und Irritationen, die die Quantenmechanik der Wissenschaft zugemutet hat (z.B. Theorie paralleler Universen usw.), aus der Welt geschaffen werden – wären Quantenphysik, klassische Physik aber auch die rationalistische Philosophie incl. Kausalitätsprinzip urplötzlich wieder miteinander in Einklang gebracht.

Im Nachfolgenden werde ich nun anhand von zwei einfachen, prinzipiellen und daher auf alles Andere übertragbaren Beispielen beweisen, dass gerade im Bereich der klassischen Physik der Dualismus genau in diesem Sinne gilt, dass die Ursache dort also tatsächlich stets eine doppelte Wirkung hat – dass mithin in der scheinbar so eindeutigen Makrophysik aus einer jeden Ursache **automatisch und mit naturgesetzlicher Notwendigkeit** eine doppelte Wirkung¹ im Sinne des Dualismus folgt

Eine verallgemeinernde Übertragung dieses hier als „**Dualismus der Wirkung**“ bezeichneten Phänomens, auf die Zusammenhänge in der Atomphysik sollte die Abläufe dort auf eine erweiterte, rational vollständig nachvollziehbare Weise verstehbar machen.

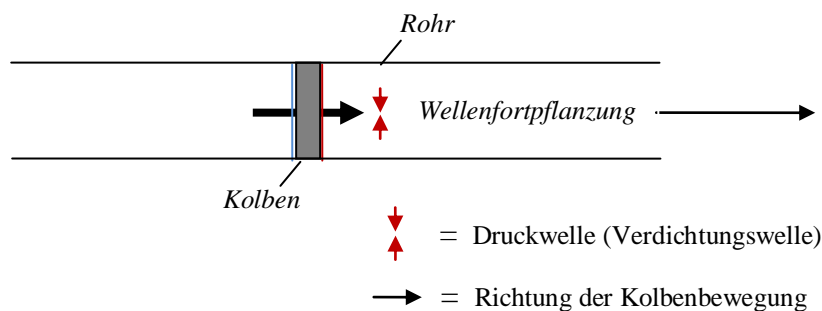
¹ Hiermit ist natürlich nicht die profane Erkenntnis gemeint, dass aus jeder Ursache deswegen eine **Kette** von Wirkungen folgt, weil jede Wirkung wiederum Ursache einer weiteren Wirkung ist usw.

Beispiel 1

Ich beziehe mich nachfolgend auf eine Darstellung im dtv-Lexikon der Physik (Mai 1970 Deutscher Taschenbuchverlag GmbH & Co. KG, München / © 1969 Franckh'sche Verlags- handlung, W. Keller & Co., Stuttgart) und zitiere aus Band 2, Seite 181, Stichwort **Druckwell- le** (Lit. Sauer, R.: „Einführung in die theoretische Gasdynamik 2“. Aufl. Berlin-Göttingen- Heidelberg 1951)²:

„In Abb. 1 ist ein langes mit Gas, z.B. Luft, gefülltes Rohr gezeichnet, das an einer Seite durch einen Kolben verschlossen ist

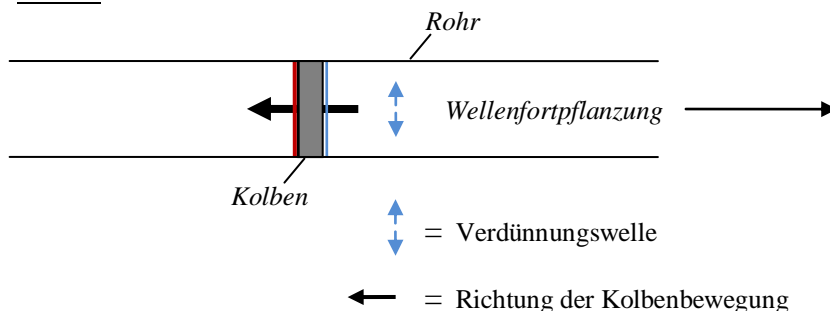
Abb. 1



Setzt man den Kolben in Bewegung, so geht während der Beschleunigungsphase vom Kolbenboden eine Welle aus, die sich im Rohr in Pfeilrichtung fortpflanzt. Bei Beschleunigung in das Rohr hinein ist es eine Verdichtungswelle (oder Druckwelle im engeren Sinn), **bei einer Auswärtsbeschleunigung eine Verdünnungswelle.**“ (Hervorhebung von mir)

Ich postiere den Kolben nun in der Mitte des Rohres und bilde in einer Abb. 2 die oben er- wählten Auswärtsbeschleunigung auf analoge Weise ab:

Abb. 2



² Im Fachlexikon der Physik / VEB F.A. Brockhaus Verlag/Leipzig heißt es unter Druckwelle u.a.: „Wird ein Kolben in einem einseitig unendlich langen Rohr in Bewegung gesetzt, so entsteht eine vom Kolbenboden aus- laufende Druckwelle. Je nachdem, ob sich der Kolben in das Rohr hinein- oder aus dem Rohr herausbewegt, entsteht eine Verdichtungswelle oder eine Verdünnungswelle.“ (Hierzu eine Anmerkung: Stellt man sich den anstoßenden Kolben als in einem **beidseitig** unendlichen Rohr befindlich vor - was von der Sache her keinen Unterschied macht -, dann wird sofort klar, dass es allein von der Position des Betrachters abhängt, ob die Stoß- bewegung des Kolbens als eine Verdichtungs- oder als eine Verdünnungswelle erfahren wird.)


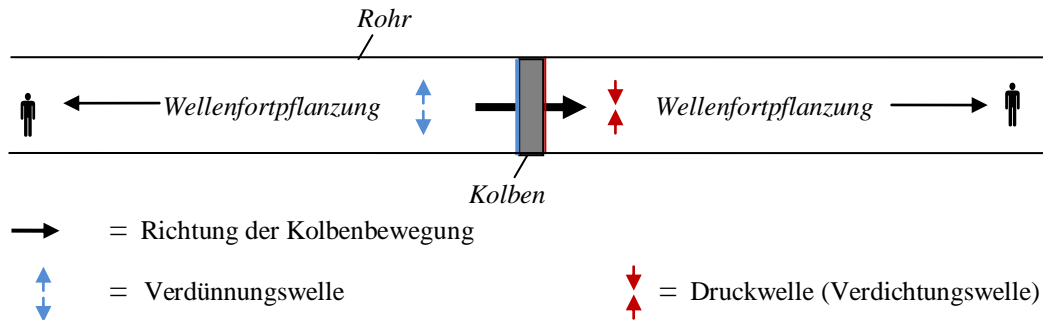
In einer weiteren Abbildung (Abb. 3) lasse ich nun den Vorgang der Kolbenbeschleunigung im Rohr von zwei unabhängigen, in exakt gleicher Entfernung vom Kolben befindlichen Beobachtern () messen. Der eine der Beobachter befinde sich dabei vor dem Kolben und der andere dahinter.

Abb. 3



Ob nun die sich ereignende Kolbenbeschleunigung als eine Bewegung in das Rohr hinein (d.h. als eine „Inwärtsbeschleunigung“) oder als eine Beschleunigung aus dem Rohr heraus (d.h. als eine „Auswärtsbeschleunigung“) zu bewerten ist, erweist sich hierbei ganz klar als **relativ** und allein vom jeweiligen Standort des Beobachters abhängig.

Für den auf der linken Seite befindlichen Beobachter, der sich im Rohrabschnitt „**hinter**“ dem Kolben befindet, ist eine Kolbenbeschleunigung nach rechts, wie in Abb. 3 dargestellt, eine Auswärtsbeschleunigung. Für den (relativ dazu) „**vor**“ dem Kolben postierten Beobachter auf der rechten Seite ist der **gleiche** ursächliche Vorgang dagegen eine „Inwärtsbeschleunigung“.

Beide Beobachter werden ihre diametral gegensätzlichen Versionen jederzeit messtechnisch exakt und eindeutig beweisen können.

Der Sensor des Messgerätes vor dem Kolben hat nämlich eine Verdichtung des Gasmediums und damit eine Druckwelle registriert, der des Messgerätes hinter dem Kolben demgegenüber eine Verdünnung des Gasmediums, d.h. eine Verdünnungswelle.

Da beide Beobachtungen vom Kausalitätsstandpunkt aus gesehen absolut gleichberechtigt sind und sich beide dabei auf ein und dieselbe Ursache beziehen, beweist dieses Experiment ganz eindeutig und klar, dass aus einer Ursache (Beschleunigung des Kolbens in diesem Fall nach rechts) prinzipiell, notwendig und untrennbar, d.h. kausal zwingend, eine zweifache, d.h. eine doppelte Wirkung folgt.

In einem weiteren Physiklexikon, dem Fachlexikon der Physik, VEB F.A. Brockhaus Verlag/Leipzig, Seite 186, steht unter dem gleichen Stichwort (Druckwelle) weiterhin:

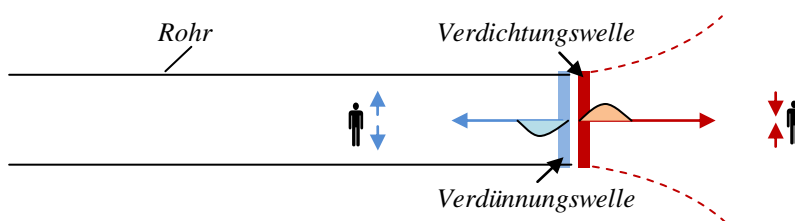
*„... Verdichtungswellen werden an einem festen Rohrende als Verdichtungswellen, **an einem offenen Rohr jedoch als Verdünnungswellen reflektiert**. Für Verdünnungswellen gilt Entsprechendes. ...“* (Hervorhebung von mir)

Eine über den rein mechanischen Vorgang hinausgehende grundsätzliche Erklärung für den zunächst einmal unglaublichen Umstand, dass an einem offenen Rohr eine Verdichtungswelle als Verdünnungswelle und eine Verdünnungswelle als Verdichtungswelle „reflektiert“ werden, bietet die „stationäre Gasdynamik“ nicht.

Verständlicherweise, denn eine logisch nachvollziehbare Erklärung für dieses Phänomen ergibt sich erst dann, wenn man den „Dualismus der Wirkung“ mit ins Kalkül zieht. Die Erklärung lautet dann so:

Da aus einem Verdichtungsstoß im betroffenen Medium (z.B. Gas) zugleich auch ein sich in die entgegengesetzte Richtung fortpflanzender Verdünnungsstoß folgt, bewirkt eine Verdichtungswelle im offenen Rohr beim plötzlichen Austreten aus diesem zum einen eine „Verdichtungswelle“ in den offenen Luftraum hinaus und auf Grund des „Dualismus der Wirkung“ zum anderen eben auch eine „Verdünnungswelle“ in das offene Rohr wieder hinein. Dieses Phänomen wird von der stationären Gasdynamik gemessen und in Ermangelung anderer Deutungsmöglichkeiten logisch inkonsequent als „Reflexion“ interpretiert.

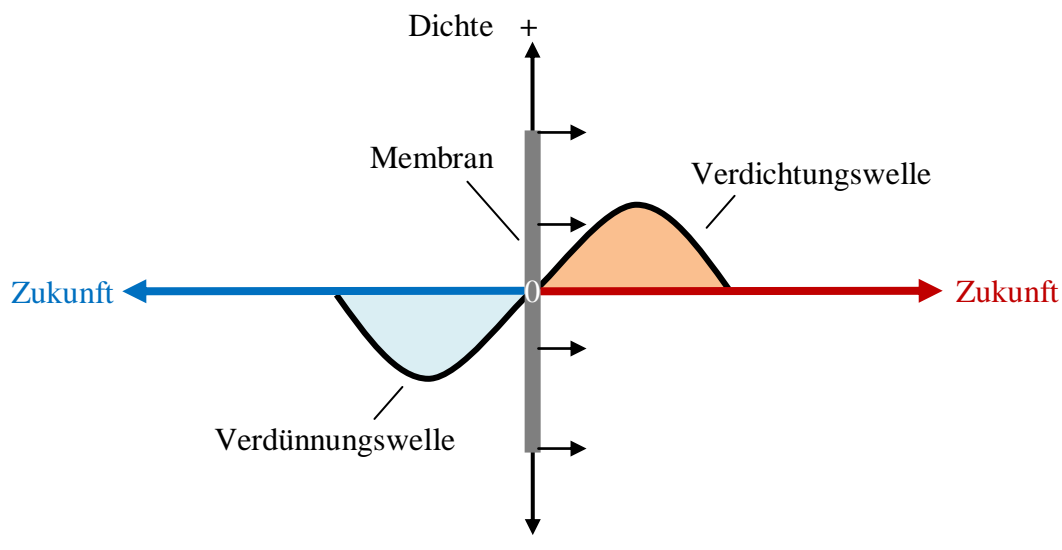
Abb. 4



Beispiel 2

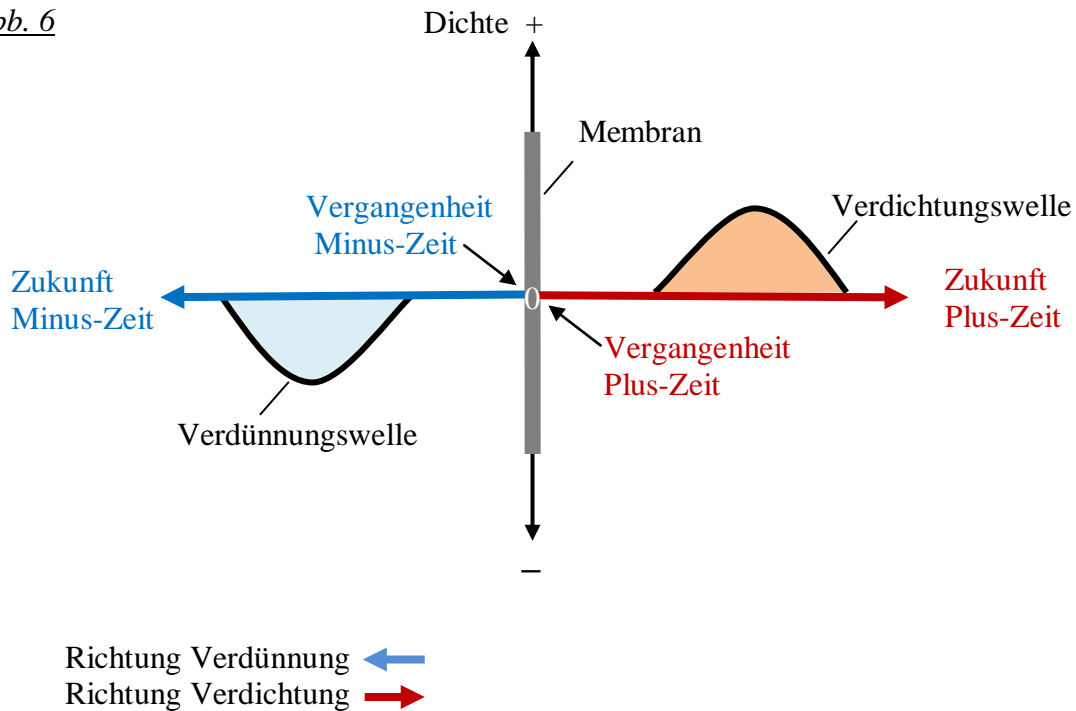
Übt eine schwingende Membran, z. B. die Membran eines Lautsprechers, auf die vor ihr befindliche Luft einen Verdichtungsstoß aus, so beinhaltet dies (Beispiel 1 entsprechend) für die hinter der Membran befindliche Luft gleichzeitig einen Verdünnungsstoß.

Abb. 5: „Phase der Membranschwingung“ (→)



Beide polar gegensätzlichen Stoßwirkungen pflanzen sich nun in **entgegengesetzter** Richtung fort, bewegen sich also diametral auseinander - und da auseinanderlaufende Wirkungen sich unmittelbar natürlich niemals treffen werden, können (anders als z.B. in der Lautsprecher-technik angenommen) die Verdichtung an der Vorderfront der Membran und die gleichzeitige Verdünnung an der Rückfront auf direkte Weise unmöglich je miteinander in Kontakt kommen. Die beiden Komponenten der Phasenwirkung, d.h. Verdichtungswelle und Verdünnungswelle, bewegen sich also in entgegengesetzter Richtung von der Membran weg.

Abb. 6



Bei der Gegenphase kehrt sich dieser Vorgang um.

Abb. 7: „Gegenphase der Membranschwingung“ (←—)

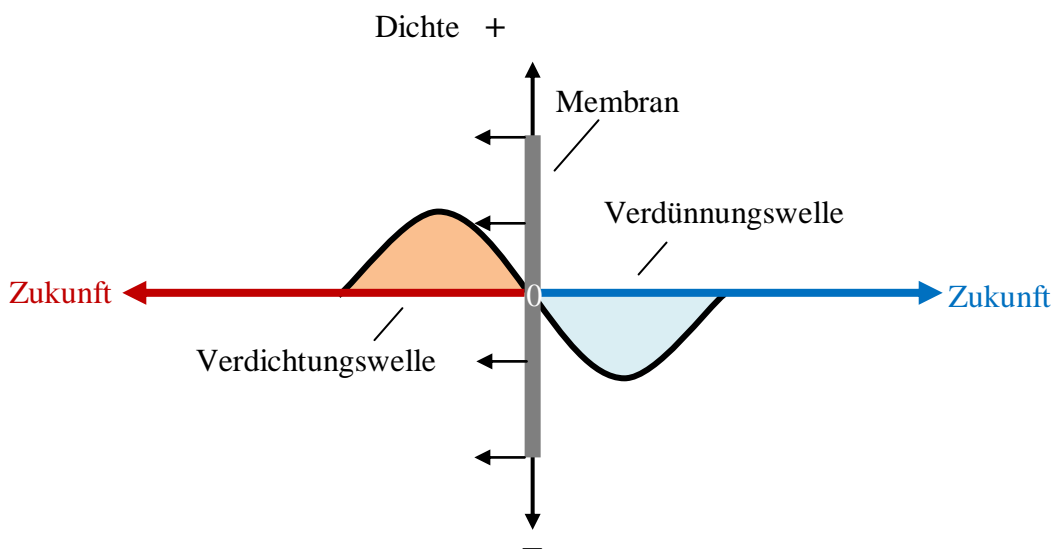
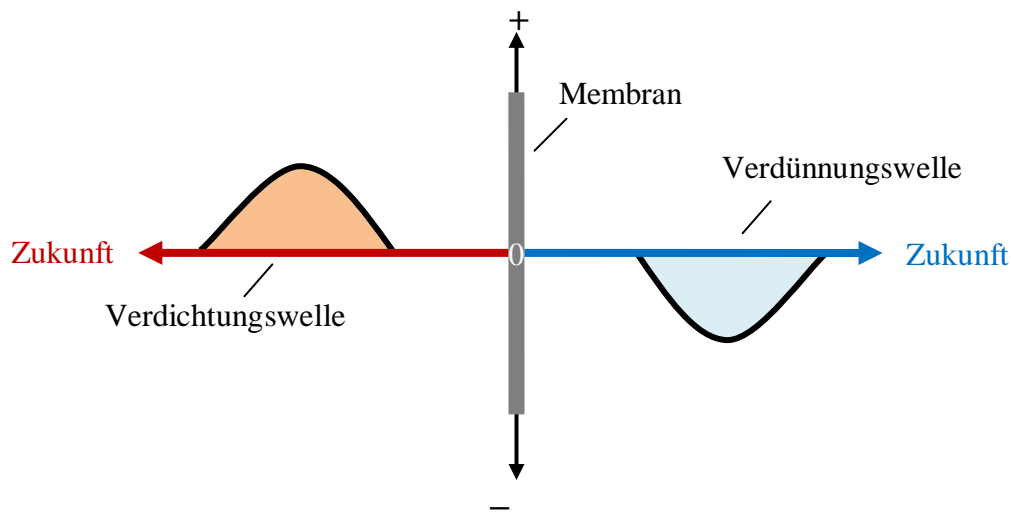
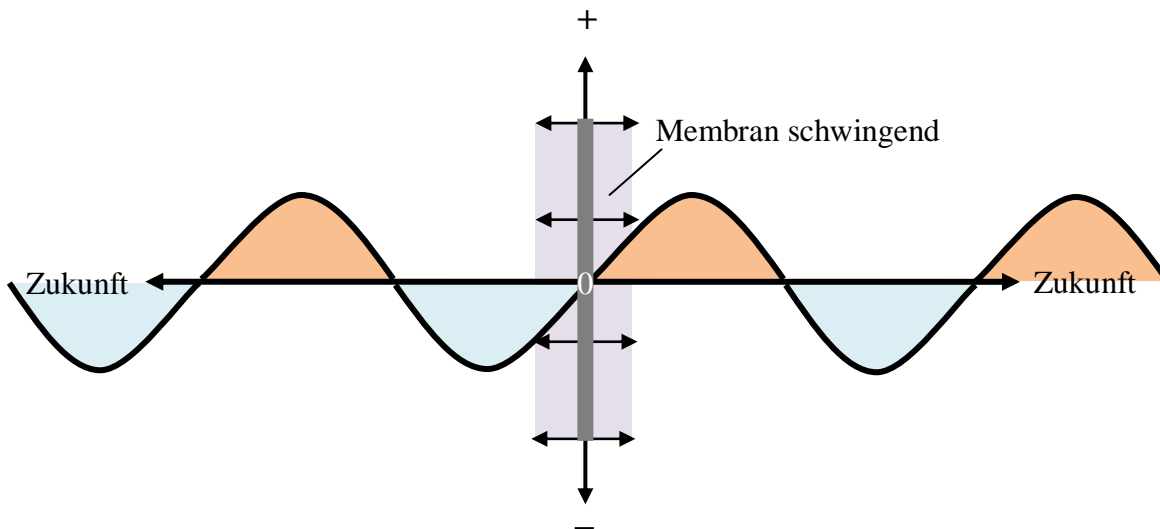


Abb. 8



Beim Schwingen einer Membran werden von dieser somit **zur gleichen Zeit** zwei zueinander gegenphasige Wellen in die jeweils entgegengesetzte Richtung von der Membran weggestrahlt. Es entsteht damit ein „**polarisiertes Schallfeld**“.

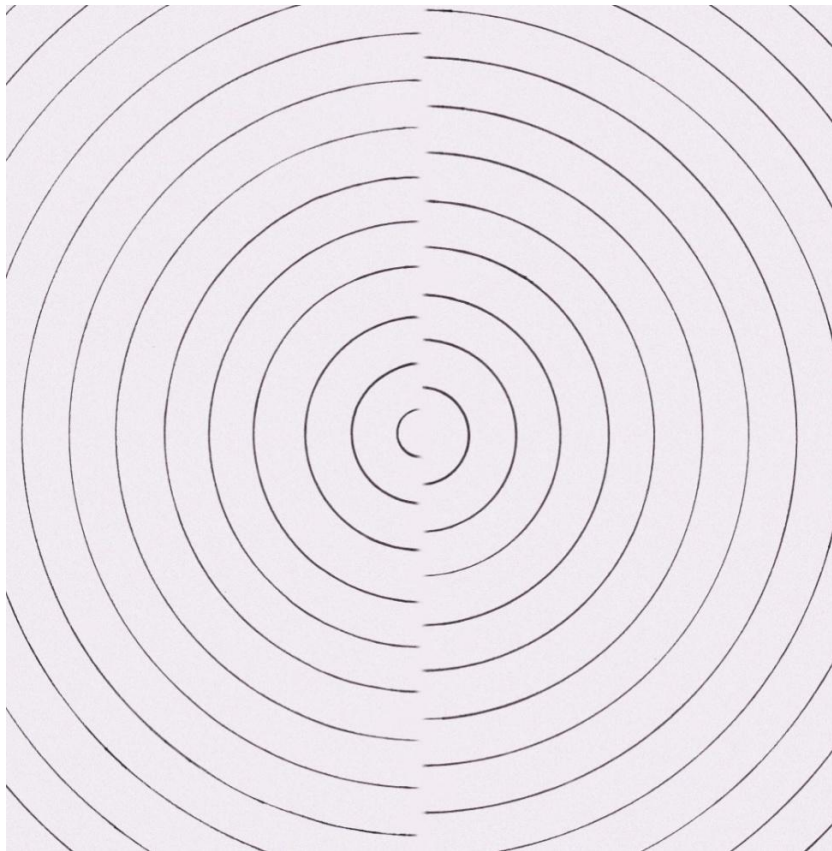
Abb. 9: „**Polarisiertes Schallfeld**“



In der Akustik bezeichnet man eine solche „Polarisierung“ des Schallfeldes als „**Kugelstrahlung 1. Ordnung**“.

Die nachfolgende Abbildung zeigt einen Querschnitt durch das „*polarisierte Schallfeld*“:

Abb. 10



Der Dualismus der Wirkung in der Akustik

Das hier nachgewiesene Phänomen des Dualismus der Wirkung wirft nun ganz generell ein neues, deutlich schärfer zeichnendes Licht auf die makrophysikalischen Erscheinungen und Phänomene und dies gilt insbesondere für die Akustik.

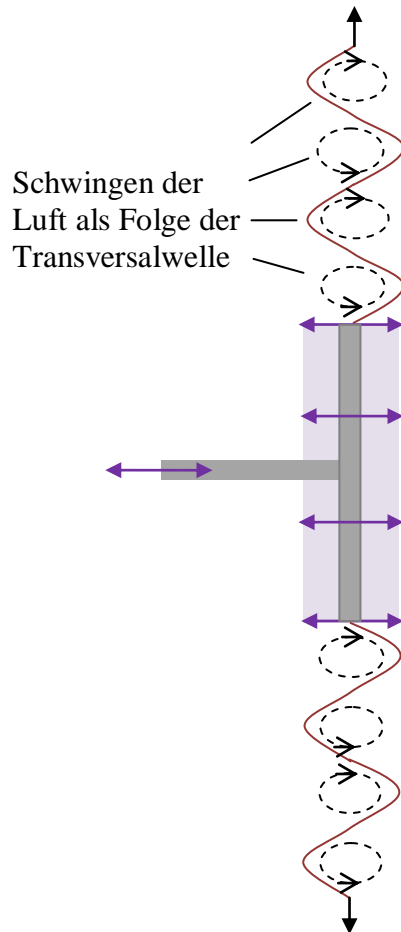
Ich will dies nachfolgend an einem Beispiel aus der Lautsprechertechnik belegen:

Die Schallwirkung einer offenen, d.h. nicht in einen Hohlkörper (Box usw.) eingesetzte Lautsprechermembran entspricht einem „**Kugelstrahler 1. Ordnung**“, wie er von *F. Trendelenburg* in seiner Einführung in die Akustik (Berlin 1961) beschrieben wird. Ich zitiere hierzu aus dem dtv-Lexikon der Physik (Mai 1970 Deutscher Taschenbuchverlag GmbH & Co. KG, München / © 1969 Franckh'sche Verlagshandlung, W. Keller & Co., Stuttgart), Band 5, Seite 224, Stichwort „Kugelstrahler“:

*„Beim Kugelstrahler 1. Ordnung schwingen zwei durch einen in Ruhe befindlichen Großkreis getrennte Kugelhälften **gegenphasig** zueinander. In der durch den Knotenkreis gelegten Ebene ist daher die Schallerregung gleich Null (polarisiertes Schallfeld).“*

Die Gegenphasigkeit des hier beschriebenen Schallereignisses basiert in der Tat auf dem oben beschriebenen Dualismus der Membranwirkung. Der trennende „Knotenkreis“ ist die logische Folge davon, dass die beiden Komponenten der Wirkung (Verdichtungswelle/Verdünnungswelle) stets diametral auseinander laufen. Er befindet sich in Ergänzung zu dem von F. Trendelenburg bereits Dargelegten allerdings nicht etwa in Ruhe („Schallerregung gleich Null“), sondern wird von einer Transversalwelle durchlaufen. Unter Einbeziehung des „Dualismus der Wirkung“ sei dies nachfolgend am Beispiel der Wirkung einer schwingenden Kolbenmembran demonstriert:

Abb. 11



Der in Abb. 11 dargestellte Ablauf (Auslösung einer Transversalwelle) wird herkömmlicherweise unter dem Begriff „akustischen Kurzschlusses“ behandelt. Dabei wird davon ausgegangen, dass Luftströmungen an den Membranrändern besonders bei tiefen Frequenzen dramatische Schallauslöschungen auf Grund der gegenphasigen Schallwirkungen vor und hinter der Membran verursachen. Ich zitiere aus „Reallexikon der Akustik“ / Herausgeber Michael M. Rieländer / Verlag Erwin Bochinsky, Frankfurt a. M. / 1982:

„Kurzschluss akustischer, Verminderung der Schallabstrahlung von schwingenden Flächen durch direkten Druckausgleich zwischen gegenphasig schwingenden Bereichen. Bei Kolbenstrahlern, die nicht in eine Schallwand oder dgl. eingesetzt sind, findet der Druckausgleich zwischen den beiden Seiten der Membran durch Strömung des Mediums um deren Rand herum statt, wie die Figur 165 verdeutlicht.“

Der akustische K. ist umso ausgeprägter, je kleiner die Membran im Vergleich zur Wellenlänge ist und beeinträchtigt daher insbesondere die Abstrahlung tiefer Frequenzen. Da technische Lautsprecher häufig praktische Ausführungen von Kolbenmembranen darstellen, müssen bei ihnen besondere Maßnahmen ergriffen werden, um den akustischen K. zu vermeiden (z.B. Einbau in ein Lautsprechergehäuse, Versetzen eines Schalltrichters etc.). (H. Kuttruff)

Fig. 165:

Akustischer Kurzschluss bei einer Kolbenmembran

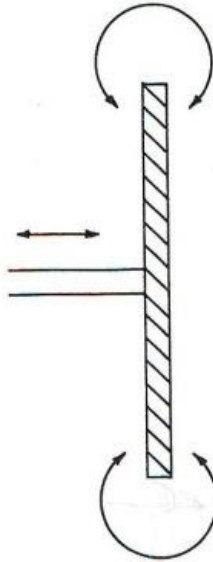
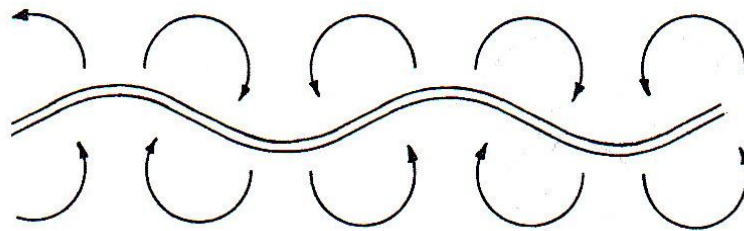


Fig. 166: Akustischer Kurzschluss bei einer zu BiegeWellen erregten Platte



(aus „Reallexikon der Akustik“)

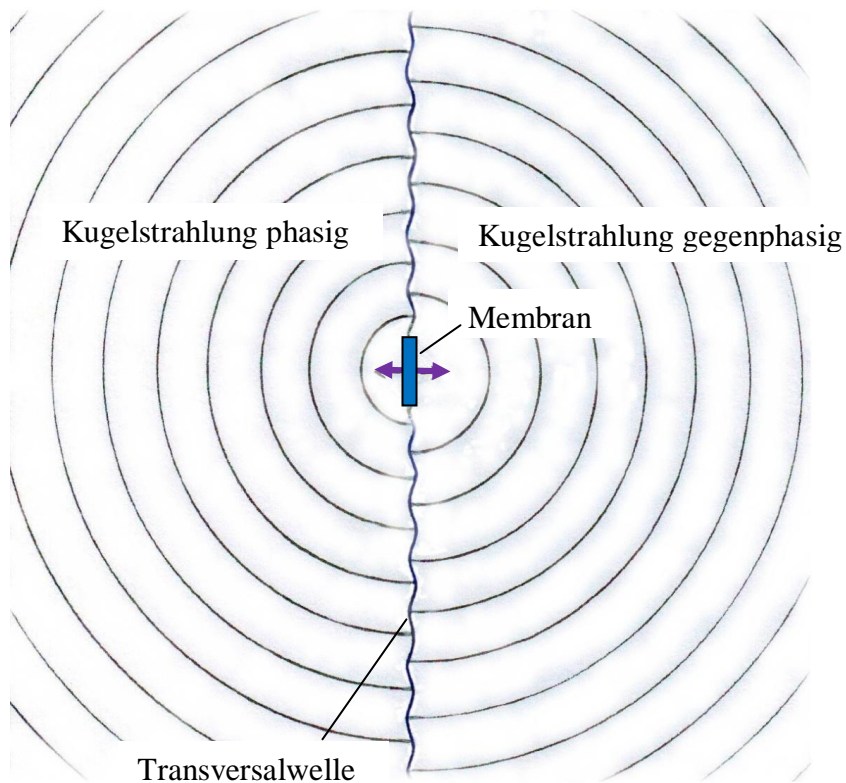
Zu dieser Darstellung ist anzumerken, dass sich Schallwellen wie auch elektromagnetische Wellen grundsätzlich vollkommen unabhängig von ihrer Frequenz geradlinig in Ausbreitungsrichtung (bezogen auf die Kolbenmembran von Fig. 165 hieße das geradlinig jeweils weg von der Membran!) fortpflanzen. Wenn Fig. 166 suggerieren sollte, dass von zu BiegeWellen angeregten Platten auf Grund des akustischen Kurzschlusses keine Schallabstrahlung in der Frequenz der Biegeschwingung erfolgen kann, dann widerspricht dem die gerade ja besonders hohe Schallleistung der Resonanzplatten von Musikinstrumenten, die aus solchen angeregten (stehenden) BiegeWellen resultiert.

Bewegungen um die Ecke oder gar gegen die Laufrichtung, wie in Fig. 165 und Fig. 166 aus „*Reallexikon der Akustik*“ dargestellt, treten in dieser Form im Zusammenhang der Strömungsphysik³ in Erscheinung.

Tatsächlich schwingt entgegen dieser Darstellung beim Luftschall die Luft um ihre Ruhelage. Beim Durchlauf der Transversalwelle auf dem von *F. Trendelenburg* im Zusammenhang des „*Kugelstrahlers 1. Ordnung*“ beschriebenen „*Knotenkreis*“ führen die Luftteile dann, wie von der Oberflächenwelle des Wassers her bekannt und wie in Abb. 11 dargestellt, rotierende Bewegungen um die Ruhelage aus.

Die nachfolgende Abbildung zeigt einen horizontalen Querschnitt durch eine von einer schwingenden offenen Membran erzeugte Kugelstrahlung 1. Ordnung. Das als sinusförmige Wellenlinie erkennbare Transversalwellenfeld muss man sich als senkrecht zum Querschnitt der Kugelstrahlung stehende Kreisebene vorstellen.

Abb. 12



³ Dabei haben Strömungsphänomene mit Wellenphänomenen eigentlich so wenig zu tun, wie z.B. die Klimabewegungen der Atmosphäre mit den elektromagnetischen Wellen oder aber auch das Strömen eines Flusses mit z.B. auf das Ufer zulaufenden Meereswellen – die sich jeweils mit sogar sehr ähnlicher Geschwindigkeit dem Betrachter nähern - und dabei dem äußeren Anschein nach in ihrer dynamischen Wirkung zum Verwechseln ähnlich sehen.

Im geschlossenen Raum kommt es natürlich unvermeidlich zu Schallreflexionen, die dann mit den Primärschallen interferieren. Diese wiederum verlaufen allerdings, wie die Reflexionen der elektromagnetischen Wellen, gleichermaßen geradlinig und dabei dem Spiegelprinzip gemäß (Einfallswinkel ist gleich Ausfallswinkel).

Wegen der tatsächlich eklatanten Leistungsschwäche der Lautsprechermembran insbesondere bei den tiefen Frequenzen, für die - wie gesagt - allgemein der „*akustische Kurzschluss*“ verantwortlich gemacht wird (Siehe Reallexikon der Akustik, Fig. 165 und Fig. 166), versucht nun die Elektroakustik seit Jahrzehnten mit Hilfe von Boxenkonstruktionen aus einem „*Kugelstrahler 1. Ordnung*“ (das ist eine offen schwingende Membran) im Prinzip partiell (d.h. für den Flächenabschnitt der Membran) einen „*Kugelstrahler 0. Ordnung*“ zu machen (das ist eine geschlossen partiell schwingende Membran, bzw. ein partiell pulsierend schwingender Hohlkörper bzw. eine partiell „*atmende Kugel*“).

Da das Phänomen des „Dualismus der Wirkung“ gezeigt hat, dass Vermischungen von direkten sich nach vorne und nach hinten fortpflanzenden Schallabstrahlungen unmöglich stattfinden können, muss nun der Umstand der schwachen Bassabstrahlung bei den nicht in einen Hohlkörper eingebauter Lautsprechern auf andere Weise erklärbar sein.

Als Analogiebeispiel bieten sich an dieser Stelle nun die Saiteninstrumente der Musik an.

In der Konstruktion dieser höchst faszinierenden Geräte wird das hier gleichfalls auftauchende eklatante Problem der geringen Schallwirkung des primären Schallgebers (schwingende Saite) im Raum, mit Hilfe einer Koppelung der Saite an einen Resonanzkörper gelöst.

Letzterer wird auf Grund jahrhundertelanger reicher empirischer Erfahrungen dabei stets als extrem dünnwandiger Hohlkörper (Streichinstrumente, Zupfinstrumente usw.) oder aber auch als einfache dünnwandige Resonanzplatte (Klavier, Flügel) konzipiert.

Folgt man dieser Sicht, dann würde in Wahrheit das Boxengehäuse in der Lautsprechertechnik nicht die Funktion einer Abschirmung der von der Membran nach hinten abgestrahlten Schalle, sondern die Funktion eines Hohlraumresonators erfüllen – dieses allerdings ohne, wie z.B. Gitarre oder Geige, dabei auf diese Funktion hin speziell konstruiert worden zu sein.