

# ITWissen

Das große Online-Lexikon  
für Informationstechnologie

E-Book

Lautsprecher

- [Aktivbox](#)
- [Bassreflexbox](#)
- [Bi-Amping](#)
- [Bi-Wiring](#)
- [BiegeWellenwandler](#)
- [Breitbandlautsprecher](#)
- [Bändchenlautsprecher](#)
- [D'Appolito](#)
- [Dipollautsprecher](#)
- [Druckkammerlautsprecher](#)
- [Elektrostat](#)
- [Elektrostatischer Lautsprecher](#)
- [Ferrofluid](#)
- [Frequenzweiche](#)
- [Helmholtz-Resonator](#)
- [Hochtöner, HT](#)
- [Hornlautsprecher](#)
- [Ionenlautsprecher](#)
- [Kalottenlautsprecher](#)
- [Koaxial-Lautsprecher](#)
- [Kopfhörer](#)
- [Kugellautsprecher](#)
- [Lautsprecher](#)
- [Lautsprecherbox](#)
- [Lautsprecherkabel](#)
- [Magnetostat](#)
- [Membran](#)
- [Mitteltöner, MT](#)
- [Neodym-Hochtöner](#)
- [Ohrhörer](#)
- [Piezo-Lautsprecher](#)
- [Subwoofer](#)
- [Tauchspulen-Lautsprecher](#)
- [Tieftöner, TT](#)
- [Transmissionsline-Box](#)
- [Tri-Wiring](#)
- [Triaxial-Lautsprecher](#)
- [Impressum](#)

# Lautsprecher

## Aktivbox

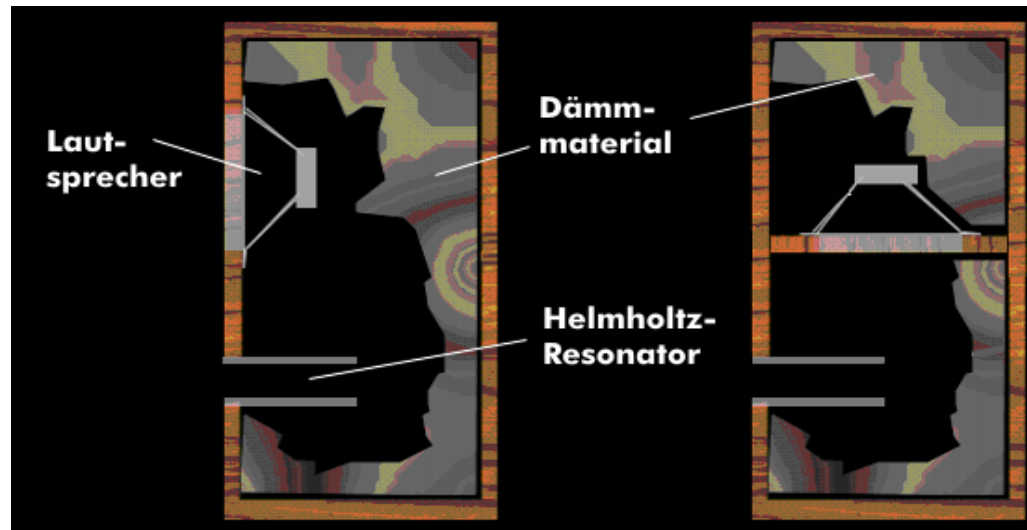
*active loudspeaker box*

Aktivboxen sind *Lautsprecherboxen* mit eingebautem Leistungsverstärker. Der Vorteil dieser Technik liegt darin, dass die *Lautsprecher* besser an die Schallabstrahlung angepasst werden können, da sie häufig für jeden Lautsprecher einzelne Leistungsverstärker haben. Außerdem arbeiten sie mit passiven oder aktiven *Frequenzweichen* für die verschiedenen *Hochtöner* (HT), *Mitteltöner* (MT) und *Tieftöner* (TT).

Die optimale Dimensionierung der Verstärker an den jeweiligen Lautsprecher kann bereits in die Entwicklung der Aktivboxen einfließen und für eine bestmögliche Phasen- und Frequenzanpassung sorgen. Nachteilig ist die Verlegung der Versorgungsspannung und die Lautstärkeregelung, für die an der Rückwand der Aktivbox entsprechende Bedienelemente vorhanden sind.

## Bassreflexbox

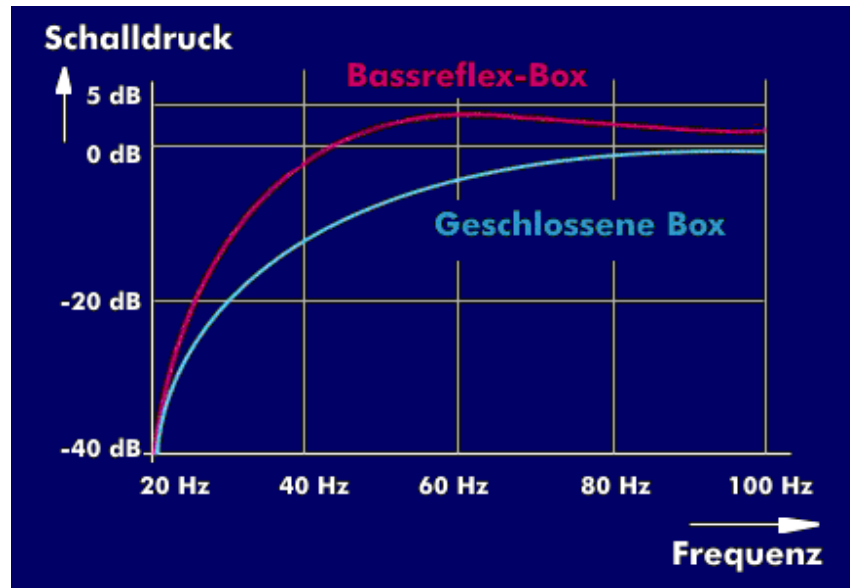
*bass reflex speaker cabinet*



Aufbau von Bassreflex-Boxen mit Helmholtz-Resonator und nach dem Bandpass-Prinzip

Die Wiedergabe von Tieftönen wird wesentlich durch die Konstruktion des Resonanzkörpers von *Lautsprecherboxen* beeinflusst. Ein solcher Resonanzkörper bildet sich im Luftvolumen einer Lautsprecherbox und kann durch konstruktionstechnische Merkmale so beeinflusst

# Lautsprecher



Frequenzgang einer geschlossenen Box und einer Bassreflex-Box

werden, dass die Eigenresonanzfrequenz der Lautsprecherbox möglichst tief ist. Technisch macht man sich dabei das Luftvolumen, das sich hinter der Lautsprechermembran befindet und wie ein Luftpolster wirkt, nutzbar. Dieses Luftpolster wirkt wie ein federndes System auf die *Membran* und wird über Luftkanäle nach außen, außerhalb der Lautsprecherbox, geführt. Voraussetzung für die Wiedergabe möglichst tiefer Audiofrequenzen ist ein *Lautsprecher* mit einem großen Durchmesser und ein hinreichend großes Luftvolumen. Bei der Bassreflexbox wird der Resonanzkörper um ein Luftrohr ergänzt. Durch die Membranbewegung wird die Luft im Luftkanal über das Luftpolster hin und her bewegt und bildet in sich einen Resonator (*Helmholtz-Resonator*), dessen Eigenfrequenz von der Rohrgröße abhängt. Wird diese Eigenfrequenz mit der Eigenfrequenz des Lautsprecher-Chassis abgestimmt, kann man dadurch den Tieffrequenzbereich zu tieferen Frequenzen hin erweitern. Der Luftstrom ist in der Austrittsöffnung komprimiert und hat eine Phasendrehung von 180°. Er erhöht den Wirkungsgrad der Bassreflexbox und sorgt gleichzeitig für eine Richtwirkung der abgestrahlten Tieftöne.

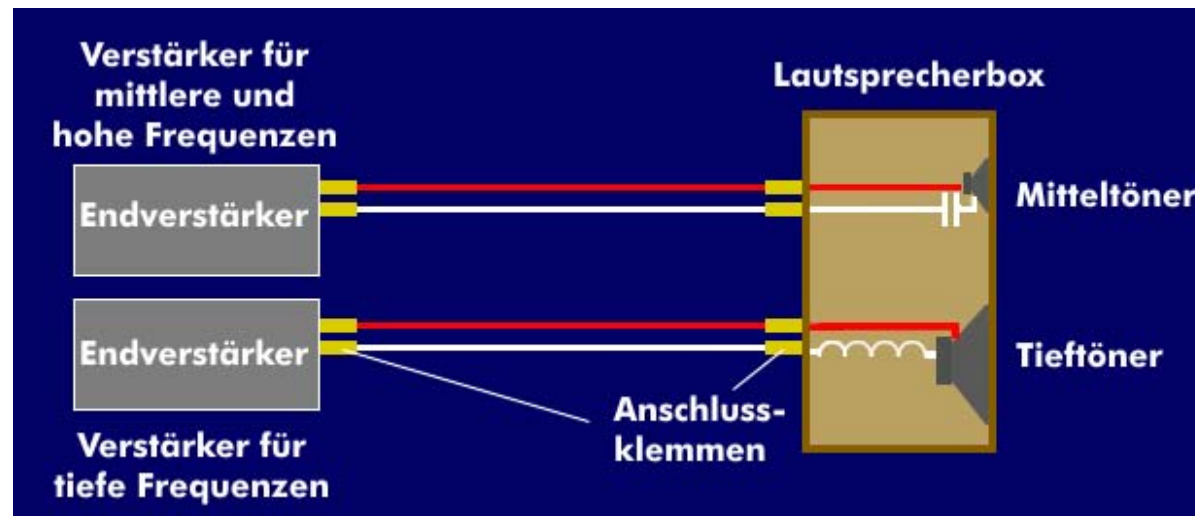
Eine etwas andere Wirkungsweise einer Bassreflexbox hat die Bandpass-Box. Diese

# Lautsprecher

Konstruktion arbeitet mit einer geschlossenen Kammer, die sich hinter dem Lautsprecher befindet. Der Schall wird von der Vorderseite durch den Öffnungskanal nach außen abgestrahlt. Die geschlossene Kammer hat eine Eigenresonanz, die in diesem Frequenzbereich den abgestrahlten Schallpegel bevorzugt. Das Bandpass-Konzept wird vorwiegend in *Subwoofern* eingesetzt.

## Bi-Amping *bi amping*

Bi-Amping ist ein Verstärker-/Anschlusskonzept für *Lautsprecherboxen*. Bei diesem Konzept wird der gesamte Frequenzbereich vor dem Leistungsverstärker in zwei Frequenzbereiche für den Hoch-/Mitteltonbereich und den für den *Tieftöner* unterteilt und jeder für sich in einer eigenen Endstufe verstärkt. Der Verstärker hat separate Ausgangsbuchsen für den mittleren und höheren Tonbereich sowie für den Tieftonbereich, die mit zwei *Lautsprecherkabeln* mit den



Anschlussschema beim Bi-Amping

Anschlussklemmen von der Lautsprecherbox verbunden werden: Das eine Lautsprecherkabel mit dem Tiefton-Chassis, das andere mit dem Mittel-/Hochton-Chassis. Das Bi-Amping

# Lautsprecher

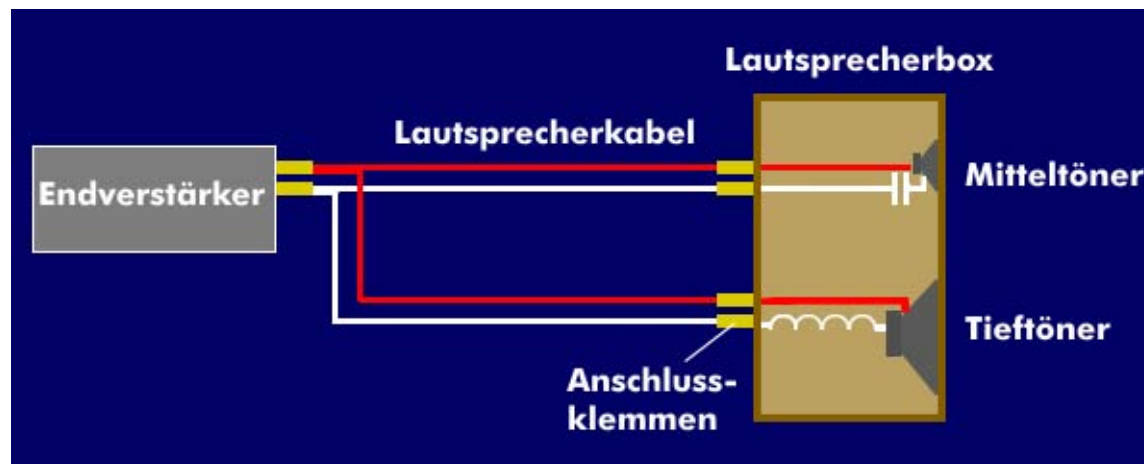
setzt im Gegensatz zum *Bi-Wiring* oder *Tri-Wiring* einen speziellen Leistungsverstärker mit frequenzmäßiger Trennung der mittleren und höheren Frequenzbereiche und der tieferen Frequenzen voraus.

Das Bi-Amping kann ebenso als Tri-Amping mit drei getrennten Endverstärkern für die verschiedenen Frequenzbereiche von 3-Wege-Boxen ausgeführt sein.

## Bi-Wiring *bi wiring*

Bi-Wiring ist ein Anschlusskonzept für *Lautsprecherboxen*. Es ist eine Doppelverdrahtung bei der jeweils zwei *Lautsprecherkabel* vom Endverstärker zu jeder Lautsprecherbox verlegt werden. Ein Kabel wird an den Mittel-/Hochtöner angeschlossen, das zweite an den *Tieftöner*, das hängt vom Boxen-Konzept ab.

Voraussetzung für das Bi-Wiring ist, dass die einzelnen Chassis von außen einzeln anschließbar sind. Bei diesem Anschlusskonzept werden die Frequenzanteile für die



Anschlussschema beim Bi-Wiring

*Mitteltöner* und die Hochtöner durch eine *Frequenzweiche* voneinander getrennt. Die beiden Lautsprecherkabel sollten in der Länge gleich sein. Aufwendigere Konzepte sind das *Bi-Amping*, bei dem die Frequenzanteile



# Lautsprecher

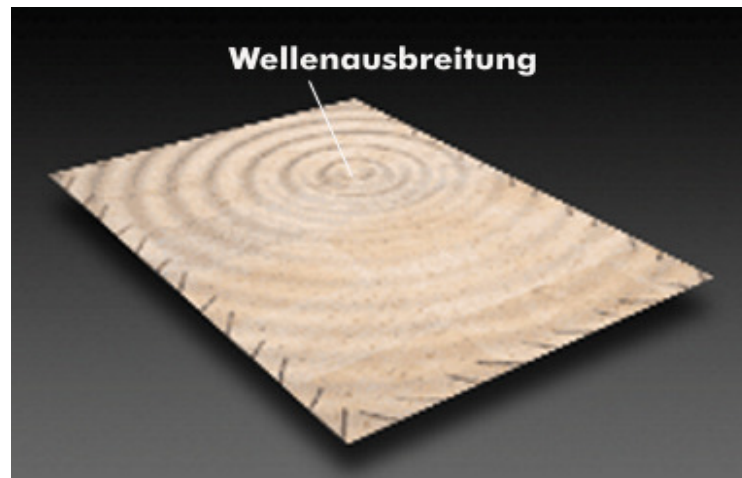
bereits im Verstärker getrennt werden und das *Tri-Wiring*, bei dem jede Lautsprecherbox mit drei Lautsprecherkabeln verbunden wird.

## Biegewellenwandler

*bending wave loudspeaker*

Alle bekannten *Lautsprecher* erzeugen den Schalldruck über eine *Membran*, die den Schall in den freien Raum abgestrahlt. Anders ist es bei der Biegewellen-Technik. Bei dieser Technik wird eine flache, große Membran von einem oder zwei elektrodynamischen Erregern angeregt. Dabei wird die Membran, die etwa die Größe von 60 cm x 80 cm hat, nicht in der Vertikalen bewegt, sondern sie verformt sich. Dadurch entstehen auf der flachen, dünnen Membran Transversalwellen, die sich auf der Membranebene gleichmäßig in alle Richtungen ausbreiten. Die Ausbreitung hat eine Luftvibration zur Folge, die als akustisches Signal wahrgenommen wird.

Die Konstruktion eines Biegewellen-Lautsprechers ist relativ komplex, weil das Membranmaterial einen wesentlich Einfluss hat und weil sich auf der flachen, versteiften Membran diverse Resonanzstellen für verschiedene Frequenzen ausbilden müssen. Besonders kritisch ist der Bereich, an dem die Membran befestigt ist. Hier kommen die verschiedensten Materialien wie Aluminium, Schaumgummi u.a. zum Einsatz, mit denen der Frequenzbereich so verbreitert wird, dass er alle Oktaven des menschlichen Hörbereichs umfassen kann. Im Gegensatz zu der gerichteten



Prinzip des Biegewellenwandlers, Grafik: goebel-audio.de

# Lautsprecher

Schallabstrahlung von traditionellen Lautsprechern, strahlen Biegewellenwandler in einem Winkel von 360°.

Das Verfahren der Bending Waves kann mit den Wellen verglichen werden, die ein ins Wasser geworfener Stein auslöst. Solche Wellen breiten sich ebenfalls gleichmäßig über die Wasseroberfläche aus.

Wenn man den Bewertungen der Fachleute in Bezug auf die Klangqualität der Biegewellenwandler glauben darf, dann ist das Klangerlebnis besser als das anderer Lautsprecher.

## Breitbandlautsprecher *broad band speaker*

Breitbandlautsprecher können annähernd den gesamten hörbaren Audio-Frequenzbereich



*Breitbandlautsprecher, Foto: shop.kirstein.de*

abstrahlen. Im Gegensatz zu anderen *Lautsprechern*, die für bestimmte Frequenzbereiche optimiert sind, wie *Hochtöner*, *Mitteltöner* oder *Tieftöner*, umfasst das abstrahlbare Frequenzspektrum von Breitbandlautsprechern alle von den genannten Lautsprecherchassis unterstützten Frequenzbereiche von etwa 50 Hz bis hin zu 20 kHz. Ein Vorteil von Breitbandlautsprechern ist darin zu sehen, dass der Schalldruck aus einer punktförmigen Schallquelle stammt. Dadurch wird ein einheitliches Klangbild



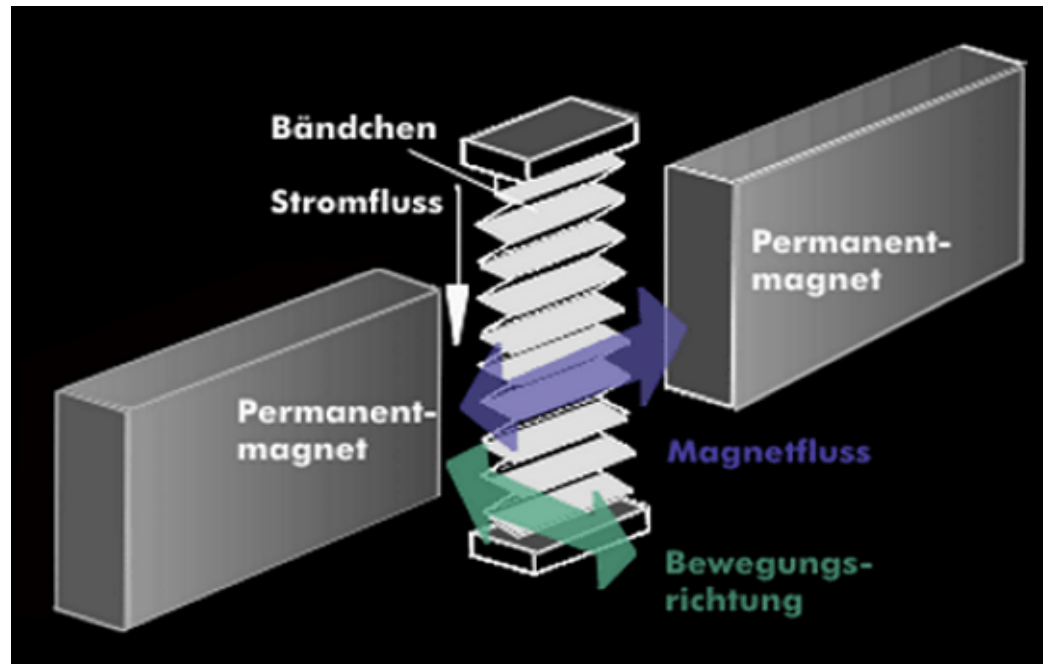
# Lautsprecher

erreicht, das sich durch eine hohe Originaltreue auszeichnet, die unabhängig ist von Interferenzen und Laufzeiten und die Ortbarkeit der wiedergegebenen Schallquellen ermöglicht. Darüber hinaus ist der Einbau eines Breitbandlautsprechers in eine *Lautsprecherbox* wesentlich einfacher.

Breitbandlautsprecher haben häufig koaxial angeordnete konische *Membranen* mit einem zentrisch angeordneten Hochtוןkegel, vergleichbar *Koaxial-Lautsprechern*.

## Bändchenlautsprecher *ribbon loudspeaker*

Das Prinzip des Bändchenlautsprechers ist ein elektromagnetisches, vergleichbar dem des



Bändchen-Prinzip, wie es in Mikrofonen und Lautsprechern eingesetzt wird

*Tauchspulen-Lautsprechers*. Die Bewegung wird durch die Induktion hervorgerufen, die ein magnetisches Feld verursacht. Beim Bändchenlautsprecher fließt der Strom durch das Bändchen, das sich in einem Permanent-Magnetfeld befindet. Bei Stromfluss wird das Bändchen in die eine oder andere Richtung abgelenkt. Da das

# Lautsprecher

Bändchen gleichzeitig auch *Membran* ist, wird die Bewegung in Schall umgesetzt. Bedingt durch die geringe Masse können mit Bändchenlautsprechern hohe Töne abgestrahlt werden. Daher wird dieses Lautsprecherprinzip auch in *Hochtönern* eingesetzt. Der Frequenzbereich von Bändchenlautsprechern liegt oberhalb von 1 kHz und reicht weit über die Hörgrenze hinaus.

Das Bändchen selbst, das aus Aluminium ist, kann eine bestimmte Form haben, so kann sie beispielsweise gefaltet oder rund sein, es ist in der Praxis bis zu 10 cm lang oder auch noch länger, über 1 cm breit sein und hat ein Gewicht von weit weniger als einem Zehntel Gramm. Der Wirkungsgrad von Bändchenlautsprechern ist relativ gering und zudem hat es eine niedrige *Lautsprecherimpedanz*, da diese allein durch den Widerstand des Bändchens bestimmt wird. Die Werte liegen daher bei max. 1 Ohm. Das hat zur Folge, dass solche *Lautsprecher* nur mit Stromtreibern oder *Impedanzwandlern* betrieben werden können.

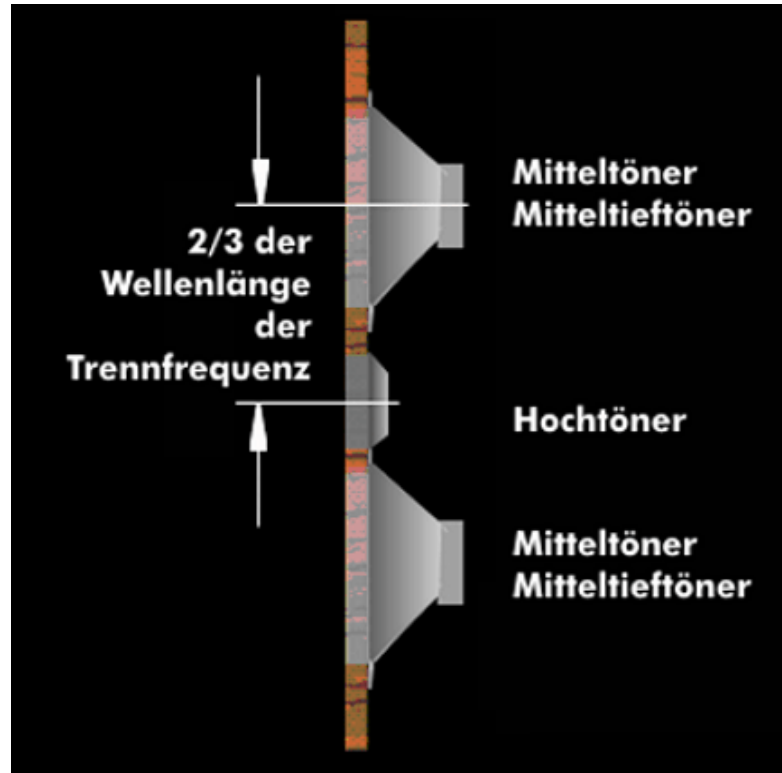
## D'Appolito

Die D'Appolito-Anordnung ist eine spezielle Anordnung und Ansteuerung von *Lautsprechern* in einer *Lautsprecherbox*. Diese Anordnung ist nach dem amerikanischen Physiker Joseph D'Appolito benannt und hat gegenüber anderen Lautsprecherboxen den Vorteil, dass die vertikale Abstrahlung sehr engwinklig ist. Dies führt dazu, dass Klangverfälschungen durch Boden- und Deckenreflexionen weitgehend verhindert und der Raumklang verbessert wird. Bei der D'Appolito-Anordnung befindet sich ein *Hochtöner* zwischen zwei *Mitteltönern*, wobei diese in einer senkrechten Linie im gleichen Abstand vom Hochtöner angeordnet sind. Die optimale Abstrahlung wird dann erreicht, wenn der Abstand der beiden Membranzentrenpunkte kleiner ist als zwei Drittel der Wellenlänge der Grenzfrequenz zwischen Hochtöner und Mitteltönern.

Liegt die Trennfrequenz der *Frequenzweiche* beispielsweise bei 1,5 kHz, dann ergibt sich bei

# Lautsprecher

## Dipollautsprecher *dipole loudspeaker*



Lautsprecher in D`Appolito-Anordnung

den Schall nach vorne ab, der andere nach hinten.

Mit dieser Technik erzeugt man ein diffuses Klangbild, das besonders beim Surroundklang angewendet wird. Je nach Anordnung der beiden Lautsprecher zueinander spricht man vom Dipol- oder Bipol-Prinzip. Letzteres ist dann gegeben, wenn die beiden Lautsprecher in entgegengesetzte Richtungen angeordnet sind. In dieser Konstellation strahlt ein Lautsprecher nach vorne, während der andere das phasenversetzte Signal nach hinten

einer Schallgeschwindigkeit von 330 m/s, eine Wellenlänge von 22 cm. Das bedeutet, dass der Abstand zwischen dem Hochtöner- und den Mitteltönermittelpunkt 15 cm nicht überschreiten sollte. Damit das D'Appolito-Prinzip auch umgesetzt werden kann, sind also sowohl die Anordnung als auch die Trennfrequenzen für die Hoch- und Mittel- bzw. Mitteltieftöner entscheidend.

Das Dipollautsprecher-Prinzip arbeitet mit zwei *Lautsprechern*. Beide Lautsprecher strahlen den Schall in verschiedenen Abstrahlwinkel ab und arbeiten darüber hinaus noch phasenversetzt. Ein Lautsprecher gibt

# Lautsprecher

abstrahlt. Theoretisch würde man auf der Achse zwischen beiden Lautsprechern keine Schallwiedergabe hören, da sich die Schallsignale beider Lautsprecher gegenseitig kompensieren.

In der Praxis wird der Schall des nach hinten strahlenden Lautsprechers an den Wänden reflektiert und kommt zeitversetzt beim Zuhörer an, was den diffusen Schalleindruck verursacht.

Dipollautsprecher werden in Surround-Anlagen eingesetzt und sind bei THX vorgeschrieben.

Bei der Abstrahlung eines Tons von einer Lautsprechermembran erfolgt eine Adaption der Schallwelle an den Schwingungswiderstand der Luft. Es handelt sich um eine impedanzmäßige Anpassung, die bei höheren Tönen mit geringerem Wirkungsgrad erfolgt als bei tieferen.



Druckkammerlautsprecher, Foto: rcs-audio.com

Damit die Anpassung mit einem besseren Wirkungsgrad erfolgt, wird von einer größeren *Membran* ein Schalldruck in einer Kammer aufgebaut, der durch eine engere Öffnung gedrückt wird. Die Strömungsgeschwindigkeit ist in der Austrittsöffnung größer als die der Membran. Damit der Schall hinter der verengten Austrittsöffnung an die Luft abgegeben werden kann, befindet sich hinter der Austrittsöffnung ein trichterförmiger Hohlkörper, meistens in exponentieller Form. Dank dieser Form können sich die mit

**Druckkammer-  
lautsprecher**  
*pressure chamber  
loudspeaker*

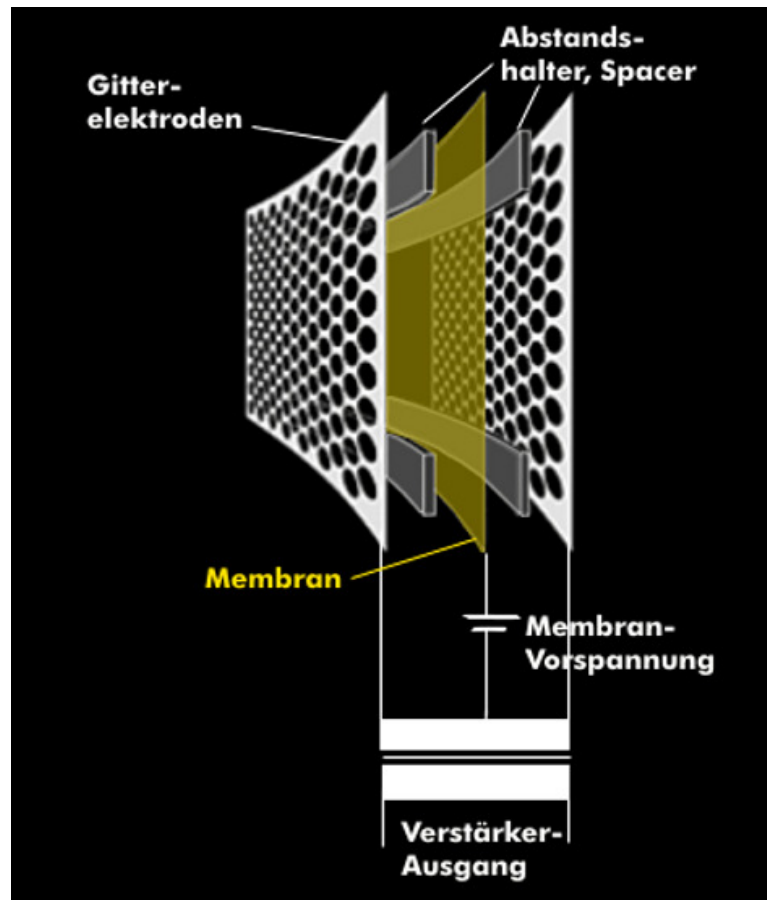
# Lautsprecher

höherem Schalldruck ausgestatteten Schallwellen von dem Trichter lösen und werden in die Luft abgestrahlt.

Ein Vertreter dieser Druckkammerlautsprecher ist der *Trichterlautsprecher*.

## Elektrostat

*electrostatic loudspeaker*



Aufbau eines Elektrostaten

Der Elektrostat ist ein Flächenstrahler und Volltöner. Die Frequenzbereiche von *Elektrostaten* decken den gesamten hörbaren Frequenzbereiche ab, von ca. 20 Hz bis weit über 20 kHz.

Vom Aufbau her besteht dieser elektrostatische Lautsprecher aus den Gitterelektroden, auch Stratoren genannt, der Membranfolie und dem Rahmen mit den Abstandshaltern. Die Membranfolie hat eine äußerst geringe Masse und wird mit einer Polarisationsspannung von 1.000 bis 5.000 Volt vorgespannt. Die Vorspannung verhindert, dass die Membranfolie durch den Ruhezustand schwingt, was zu einer Frequenzverfälschung führen würde. Das Audiosignal des Audioverstärkers liegt im Gegentakt (Push-Pull) an den beiden Gitterelektroden. Dadurch wird die

# Lautsprecher

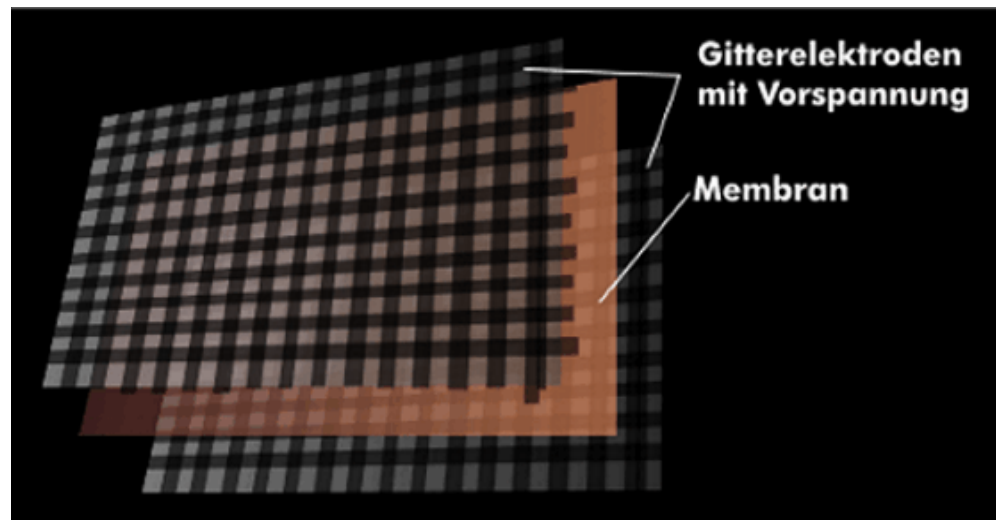
Membranfolie gleichzeitig von beiden Elektroden elektrostatisch beeinflusst: die eine drückt, die andere zieht. Die in Schall umgesetzte Membranbewegung wird durch die Gitterelektroden abgestrahlt.

Die Ansteuerung und Auslegung der Verstärker ist bei Vollton-Elektrostaten problematischer als bei anderen *Lautsprechern*, da die Impedanz des Elektrostaten stark kapazitiv ist. Elektrostate haben eine geringe Membranmasse und daher ein gutes Impulsverhalten, das Tieftönenverhalten ist weniger ausgeprägt.

## Elektrostatischer Lautsprecher

*electrostatic loudspeaker*

Der Aufbau des elektrostatischen *Lautsprechers* entspricht dem eines Kondensators. Dabei kann die Lautsprechermembran zwischen den beiden Elektroden liegen und durch das elektrische Feld gesteuert werden; sie kann aber auch eine der Elektroden sein.



*Aufbau des elektrostatischen Lautsprechers*

Beim elektrostatischen Betrieb stoßen sich zwei Elektroden mit gleicher Ladung ab, dagegen ziehen sich zwei Elektroden mit ungleicher Ladung an. Wird an die Elektroden eines elektrostatischen Lautsprechers eine Spannung gelegt, ist die Spannungshöhe ein Maß für die Auslenkung der Elektroden. Eine hohe



# Lautsprecher

Spannung verursacht eine große Auslenkung, eine niedrige Spannung eine kleine Auslenkung, eine umpolarisierte Spannung eine Auslenkung in anderer Richtung. Die Kraft, die auf die Elektroden wirkt, ist dabei nicht linear, sondern proportional dem Quadrat der Spannung. Elektrostatische Lautsprecher sind häufig als *Hochtöner* ausgeführt. Es gibt aber mit den *Elektrostaten* eine Lautsprecher-Ausführung, die den kompletten hörbaren Frequenzbereich umfasst.

## Ferrofluid

*FFL, ferrofluide*

Bei dynamisch arbeitenden *Hochtönern* wird das mechanische Schwingungssystem aus Schwingspule, *Membran* und Sicke mit Ferrofluid, einer magnetischen Flüssigkeit, gedämpft. Das Ferrofluid wird in dem Luftspalt eingebracht, in dem sich die Schwingspule befindet, und dämpft die Bewegung des Schwingungssystems. Dadurch erhöht sich der Qms-Wert für die mechanische Dämpfung, der durch die Reibung der Sicke und der Zentriermembran entsteht, und als Folge davon ist der Impedanzanstieg bei der Resonanzfrequenz nicht so ausgeprägt. Der Hochtöner hält höhere Belastungen aus und leitet die entstehenden Wärmeverluste über das Ferrofluid besser ab.

## Frequenzweiche

*diplexer*

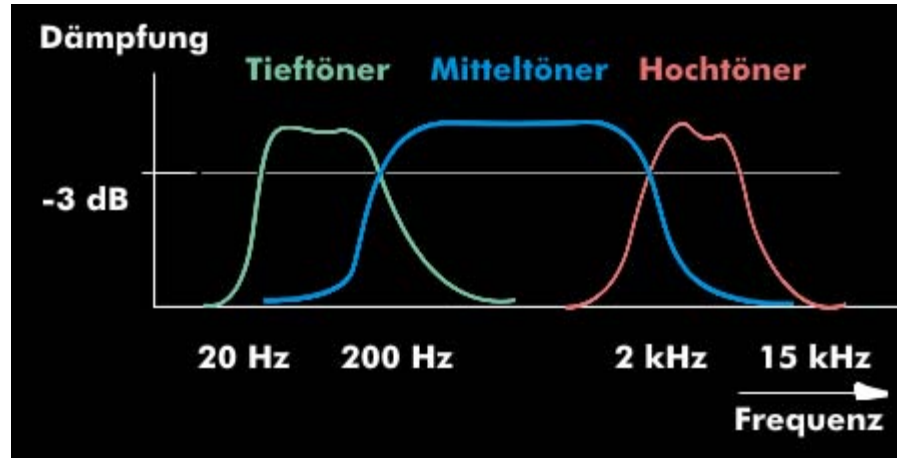
Frequenzweichen sind Schaltungen in denen Filter eingesetzt oder kombiniert werden: Hochpässe, Tiefpässe, Bandpässe und Bandsperren.

Der Begriff Frequenzweiche wird in der HF-Technik, der Antennentechnik und auch in der Akustik benutzt und zeigt immer an, dass bestimmte Frequenzbereiche voneinander getrennt nachgeschalteten Schaltungen oder Komponenten zugeführt werden.

In der Akustik werden Frequenzweichen zur Trennung der unterschiedlichen Frequenzbereiche für die verschiedenen *Lautsprecher* einer *Lautsprecherbox* benutzt.

Mit solchen Frequenzweichen, die in der englischsprachigen Literatur als Crossover bezeichnet

# Lautsprecher



Frequenzbereiche von Tief-, Mittel- und Hochtöner in einer 3-Wege-Kombination

werden, werden die entsprechenden Frequenzbereiche für *Hochtöner*, *Mitteltöner* und *Tieftöner* resp. *Subwoofern* selektiert. Neben der Trennung der Frequenzbereiche sorgen Frequenzweichen für die impedanzmäßige Anpassung und dass die einzelnen Lautsprecher nicht überlastet werden und dadurch ein verzerrtes Klangbild wiedergeben.

Die einzelnen Frequenzbereiche der Frequenzweiche richten sich einerseits nach dem Konzept der Lautsprecherbox, ob 2-Wege- oder 3-Wege-Auführung, und nach dem Frequenzgang der Hochtöner (HT), Mitteltöner (MT) und Tieftöner (TT). So könnte bei einem 3-Wege-System der Tieftöner den Frequenzbereich bis 200 Hz abdecken und bei dieser Frequenz könnte der Mitteltöner aktiv werden. Die dabei verwendeten Flankensteilheiten liegen üblicherweise bei 6 dB/Oktave und 12 dB/Oktave.

## Helmholtz-Resonator

*Bassreflexboxen* benutzen für die Tiefenwiedergabe so genannte Helmholtz-Resonatoren. Ein solcher akustischer Resonator ist hohler Körper mit einer Öffnung. Die Luft in der Öffnung federt auf dem Luftpolster des Resonanzkörpers. In diesem Kontext spricht man auch von der Federsteifigkeit, die vom Körpervolumen abhängig ist. Diese Federsteifigkeit wird in der Lautsprechertechnik genutzt um die Bassreflexbox so abzustimmen, dass die Tieffrequenzen

# Lautsprecher

bevorzugt abgestrahlt werden. In der Praxis benutzt man als Resonanzkörper ein Rohr und wählt die Resonanzfrequenz so, dass diese die Tieftonwiedergabe verstärkt. Den Helmholtz-Resonator gibt es in vielen Musikinstrumenten. Es ist der Korpus des Instruments, beispielsweise der Geigenkorpus. Es sind nicht die Hohlraumresonatoren wie die von Orgelpfeifen oder die einer Flöte. Helmholtz-Resonatoren können zur Anhebung von Frequenzen genutzt werden, aber ebenso zu deren Absorption. Solche Resonatoren werden in der Raumakustik als Absorber eingesetzt, so als Dämmplatten mit Löchern, die jedes für sich einen Helmholtz-Resonator bilden. Der Helmholtz-Resonator ist nach dessen Erfinder, dem deutschen Physiker Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz (1821-1894) benannt, der im Jahre 1847 das Gesetz für die Umwandlung von Energieformen formuliert hat.

## Hochtöner, HT tweeter

Bei den *Lautsprechern* unterscheidet man in der Frequenzausprägung zwischen Hochtönern (HT), *Mitteltönern* (MT) und *Tieftönern* (TT). Hochtöner werden in *Lautsprecherboxen* mit Tieftönern zu einem Zwei-Wege-System und mit Mittel- und Tieftönern zu Drei-Wege-Systemen kombiniert.



Magnetostat-Hochtöner von Visaton

Hochtöner sind für höhere Frequenzen zwischen 2 kHz und 4 kHz bis hin zu den höchsten Audiofrequenzen bei 20 kHz ausgelegt. Damit sie nicht durch hohe tieffrequente Signalpegel beschädigt werden oder Verzerrungen verursachen, sind den Hochtönern *Frequenzweichen* mit Hochpassfiltern vorgeschaltet. Der Luftspalt von Hochtönern ist häufig mit *Ferrofluid* gefüllt, einer öligen, magnetischen

# Lautsprecher

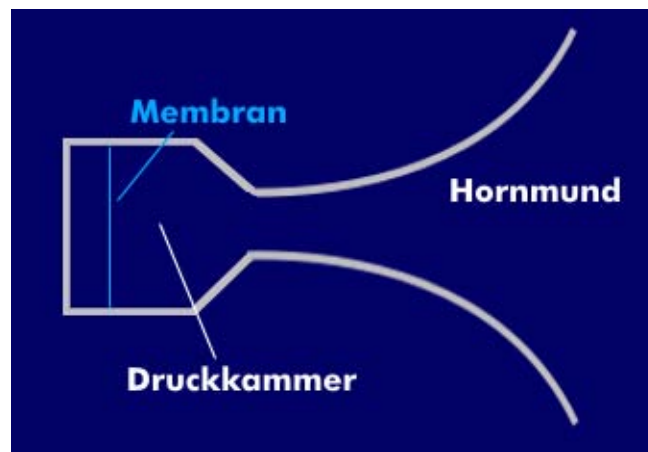
Flüssigkeit.

Von der Lautsprechertechnik her benutzt man als Hochtöner *Neodym-Hochtöner*, *Kalottenlautsprecher*, *Druckkammerlautsprecher* und *Trichterlautsprecher*, aber auch dynamische *Tauchspulen-Lautsprecher*, *Bändchenlautsprecher* und *Ionenlautsprecher* oder aber die preiswerteren *Piezo-Lautsprecher*.

In *Beschallungsanlagen* wird dem Trichterlautsprecher wegen dessen guten Wirkungsgrads, der geringen Verzerrungen und der definierten Abstrahlcharakteristik der Vorzug gegenüber den anderen Hochtöner-Lautsprechern gegeben.

## Hornlautsprecher *exponential horn*

Horn- oder Trichterlautsprecher haben die Form eines Trichters mit exponentiell verlaufender Trichteröffnung für die Schallabgabe. Der Schalldruck wird in der Druckkammer von einem elektrodynamischen Schwingsystem erzeugt und über die *Membran* abgestrahlt. Der



Aufbau des Druckkammerlautsprechers

Schalldruck kann nur nach vorne austreten. Durch die Verjüngung der Druckkammer hin zum Auslasstrichter wird die Luft stark komprimiert und hat an der Austrittsöffnung eine hohe Strömungsgeschwindigkeit.

Dank der Formgebung haben Trichterlautsprecher eine bessere Impedanzanpassung als Konuslautsprecher und daher auch einen höheren Wirkungsgrad. Sie arbeiten mit hohem Schalldruck und werden daher auch als *Druckkammerlautsprecher* bezeichnet.

Dank ihrer richtungsempfindlichen Schallabgabe

# Lautsprecher

werden sie im Außenbereich auf Bahnhöfen, in Hallen, auf Flughäfen usw. für Durchsagen eingesetzt. Da der Frequenzbereich von Trichterlautsprechern die mittleren Tonlagen bevorzugt, eignen sie sich nicht für qualitativ hochwertiges Audio, sondern für Durchsagen und Alarmer. Der exponentiell geformte Trichter gibt dem Trichterlautsprecher eine keulenförmige Abstrahlcharakteristik. Ihre Leistungswerte liegen zwischen 10 W und 50 W. Trichterlautsprecher bzw. Hornlautsprecher werden nach Schutzklassen spezifiziert und eignen sich daher für den wetterfesten Außeneinsatz. Es gibt auch eine Variante für Musikwiedergaben, die Musikhörner.

## Ionenlautsprecher *ions loudspeaker*

Bei allen bekannten *Lautsprechern* mit Ausnahme des Ionenlautsprechers wird eine Masse bewegt, die die Schwingungen als Schalldruck übertragen. Der Ionenlautsprecher hingegen arbeitet masselos, indem er das Luftvolumen durch Temperaturänderungen verändert. Die Schallwellen werden durch die kurzzeitige Volumenänderung übertragen, indem die Luftmoleküle diese Volumenänderung weiter transportieren.

Technisch betrachtet ist ein Ionen- oder Plasma-Lautsprecher ein HF-Oszillator dessen Ausgangsleistung eine Luftionisation bewirkt. Diese Ionisation wird mit dem Audiosignal moduliert, wodurch sie stärker und schwächer wird. Eine stärkere Ionisation erzeugt eine höhere Temperatur und damit einen höheren Schalldruck.

Da der Ionenlautsprecher masselos arbeitet, hat er keine Verzerrungen und einen extrem linearen Frequenzgang, der von ca. 5 kHz bis weit in den Ultraschall-Bereich hinein reicht, also weit über die menschliche Hörgrenze.

Durch die Ionisation von Luft wird allerdings Ozon erzeugt, was sich nachteilig bemerkbar macht.

# Lautsprecher

## Kalottenlautsprecher *dome loudspeaker*



*Hochtöner als Kalotten-Lautsprecher,  
Foto: Audaphon*

Die meisten elektrodynamisch arbeitenden *Tauchspulen-Lautsprecher* haben eine kegelförmige *Membran*, mit der sie den Schalldruck an die Luft abgeben. Beim Kalottenlautsprecher entspricht die Membran dagegen einer Kugelabschnittsfläche, sie ist etwa halbkugelförmig und meistens nach außen gewölbt. Durch diese Formgebung hat die Membran eine höhere Steifigkeit. Die Schwingspule ist dabei direkt mit dem Kalottenrand verbunden.

Die Abstrahlcharakteristik von der Kalottenmembran hat einen größeren Abstrahlwinkel als konusförmige Membranen, die einer punktförmigen Schallquelle nahe kommt. Zudem haben sie einen hohen Wirkungsgrad, weil die Membranmasse relativ gering ist. Eingesetzt werden Kalottenlautsprecher in Hochtönern und *Mitteltönern*. Kalotten-*Hochtöner* haben Durchmesser zwischen 10 mm und 25 mm, bei Mitteltönern liegt der Durchmesser zwischen 30 mm und 80 mm. Im Hochtonbereich können Kalottenhochtöner Frequenzen bis zu 20 kHz abstrahlen.

## Koaxial-Lautsprecher *coaxial loudspeaker*

Koaxial-Lautsprecher sind 2- oder 3-Wege-Systeme mit zwei Lautsprechern, einem *Mitteltöner* und einem *Hochtöner*, die sich auf einer Achse befinden. Der Hochtöner befindet sich im Zentrum des Mitteltöners. Eingesetzt werden solche Lautsprecher u.a. in der Auto-Akustik. Als Ein-Wege-System werden diese Lautsprecher als Doppelkonuslautsprecher (Dual Cone Loudspeaker) bezeichnet. Bei dieser Ausführung verbessert der im Zentrum des Mitteltöners angebrachte Papierkonus die Abstrahlung von hohen Tönen. Koaxial-Lautsprecher haben einen



# Lautsprecher



*Dreiwege-Koaxial-Lautsprecher, Foto: Sony*

umfangreichen Frequenzbereich von relativ tiefen Tönen bis hinauf in den Hochtonbereich und werden daher auch als *Breitbandlautsprecher* eingesetzt. Koax-Lautsprecher haben den Vorteil, dass sie wie kein anderer eine punktförmige Schallquelle nachbilden.

Kopfhörer sind kleine *Lautsprecher*, die im gepolsterten Gehäuse

untergebracht und an einem Kopfbügel befestigt sind. Die gepolsterten Gehäuse umschließen die Ohren und verhindern das Eindringen von Fremdgeräuschen, ebenso wie das nach außen dringen des Schalls.

Kopfhörer haben zwei Lautsprecher und eignen sich für qualitativ hochwertige stereophone Wiedergabe. Bei den Lautsprechern kann es sich um dynamische *Tauchspulen-Lautsprecher* handeln, aber ebenso um *elektrostatische Lautsprecher* handeln. Wobei letztere nur mit einem Verstärker betrieben werden können.

Der Betrieb von Kopfhörern kann kabelgebunden erfolgen, aber auch kabellos mit Funktechniken und Batteriebetrieb. Die kabelgebundenen haben als Anschluss einen Klinkenstecker, die kabellosen können über Bluetooth oder andere Funktechniken verbunden sein.

Die Impedanz von Kopfhörern liegt häufig bei ca. 50 Ohm, sie kann in Einzelfällen aber auch

Kopfhörer  
headphone

# Lautsprecher

stark von diesem Wert abweichen, so sind Impedanzen von 5 Ohm bis hin zu 250 Ohm durchaus realistisch, daneben gibt es auch Kopfhörer mit hochohmiger Impedanz von bis zu 1 Kilo-Ohm. Die Impedanzwerte sagen nichts über die Wiedergabequalität aus. Diese ist im Allgemeinen sehr hoch, was auf die relativ amplitudenebenen Frequenzgänge zurückzuführen ist.

Eine kleinere Version des Kopfhörers ist der *Ohrhörer*.

## Kugellautsprecher *omnidirectional loudspeaker*

Kugellautsprecher oder Kugelstrahler sind Rundstrahl-*Lautsprecher*, die den Schall omnidirektional in möglichst viele Richtungen abstrahlen. Sie haben ihren Namen durch die Gehäuseform, die kugelförmig oder quaderartig ist und die mehrere Lautsprecher enthält, die den Schall in verschiedene Richtungen abstrahlen. Die in einem Kugellautsprechergehäuse



Kugelstrahler, Foto: ricardo.ch

enthaltenen Lautsprecher können in Push-Pull-Technik aufgebaut sein, mit zwei gegenphasig arbeitenden Lautsprechern, bei denen die *Membranen* gegeneinander angeordnet sind. Es sind aber auch andere Kombinationen gebräuchlich, wie die von *Mitteltöner* mit Reflektor und mehreren *Hochtönern*, die für eine gleichmäßige Hochtonabstrahlung sorgen. Kugellautsprecher stammen aus den 70er Jahren und eignen sich für Deckenmontage aber auch für Ständermontage und können Räume von der Decke her beschallen. Die Bezeichnung Kugelstrahler findet auch in der Antennentechnik Anwendung für isotrop strahlende Antennen.

# Lautsprecher

## Lautsprecher *loudspeaker*

Technisch gesehen gehören Lautsprecher zu den Aktoren, sie wandeln elektrische Signale in akustische.

Allen Lautsprecher-Prinzipien gemein ist, dass das in mechanische Schwingungen umgewandelte Signal von einer Schallfläche, einer *Membran* oder Kalotte abgestrahlt wird. Für

Lautsprecher-Kenndaten	Anmerkung
<b>Kennpegel (LK)</b>	Schalldruck in 1 m Abstand bei 1 W elektrischer Leistung, logarithmisch.
<b>Kennempfindlichkeit EK)</b>	Wie Kennpegel, allerdings linear.
<b>Bündelungsgrad (y)</b>	Richtverhalten in Relation zu einem omnidirektionalen Lautsprecher.
<b>Richtungsmaß (D)</b>	Logarithmisches Verhältnis des Schalldrucks in beliebigen Achsen.
<b>Frequenzbereich (Hz)</b>	Frequenzangaben bei 3 dB Abfall.
<b>Freiluftresonanz (Hz)</b>	Resonanzfrequenz des Lautsprechers.
<b>Nennleistung (W)</b>	Effektivwert von Audiosignalen.
<b>Sinusleistung (W)</b>	Effektivwert eines Sinus-Dauertons.
<b>Spitzenleistung (W)</b>	Kurzzeitige impulsförmige Belastung.
<b>Nennbelastbarkeit (W)</b>	Dauerlast mit Rauschsignal, ohne dass der Lautsprecher beschädigt wird.
<b>Nennimpedanz (Ohm)</b>	Über den Frequenzbereich gemittelter Impedanzwert.
<b>Wirkungsgrad (E)</b>	Umsetzung der elektrischen Energie in Schalldruck. Typischerweise um 1 %.

*Lautsprecher-Kenndaten*

die elektromechanische Umsetzung stehen verschiedene elektrodynamische, elektrostatische und piezoelektrische Verfahren zur Verfügung. Das am häufigsten eingesetzte Prinzip basiert auf der elektromagnetischen Umsetzung, bei der ein

# Lautsprecher

stromführender Leiter oder eine stromführende Spule, die sich in einem Permanentmagneten befindet, durch Induktion eine Bewegung ausführt. Der *Tauchspulen-Lautsprecher* und der *Bändchenlautsprecher* basieren auf diesem Prinzip.

Bei den elektrostatischen Lautsprechern, den *Elektrostaten*, wird die Membran von einem elektrostatischen Feld bewegt. Und bei den *Piezo-Lautsprechern* nutzt man den Piezo-Effekt, bei dem ein Piezo-Kristall sich bei Anlegen einer Spannung verbiegt, für die Membranbewegung. Neben den genannten Lautsprecher-Prinzipien gibt es diverse Ausführungsformen für die *Hochtöner* (HT), *Mitteltöner* (MT) und *Tieftöner* (TT), so die *Trichterlautsprecher*, *Druckkammerlautsprecher*, *Kugellautsprecher*, *Dipollautsprecher* und *PA-Lautsprecher* für die Beschallung. Darüber hinaus gibt es Lautsprecher-Chassis in denen mehrere Lautsprecher zu einem 2-Wege- oder 3-Wege-Lautsprecher kombiniert werden: *Koaxial-Lautsprecher* und *Triaxial-Lautsprecher*.

Die wichtigen Kenndaten von Lautsprechern sind der Frequenzbereich und der Frequenzgang, die Abstrahlcharakteristik, der Gütefaktor und der Klirrfaktor, die *Lautsprecherimpedanz*, die *akustische Impedanz*, die abgegebene Leistung und der Wirkungsgrad. Um Vergleichsmöglichkeiten der Leistungswerte vornehmen zu können, werden diese sehr differenziert betrachtet, wobei man zwischen der *Belastbarkeit*, *Nennleistung*, Sinusleistung und der Spitzen- oder Musikleistung unterscheidet. Was die Wirkungsgrade von Lautsprechern betrifft, so liegen diese nur bei einigen wenigen Prozent, d.h. 95 % bis 98 % der eingesteckten Energie wird in Verlustwärme umgewandelt.

## Lautsprecherbox *loudspeaker box*

Die Erzeugung eines Tons und dessen Abstrahlung sind zwei getrennte Vorgänge. Bei *Lautsprechern* entscheidet das Lautsprecherprinzip über die Ton- resp. Schallerzeugung; die Bauform der Lautsprecher über die Weiterleitung des Schalldrucks. Das Klangvolumen und der

# Lautsprecher

Frequenzbereich eines Lautsprechers kommen aber erst in Verbindung mit der Schallabstrahlung voll zur Geltung. Diese Funktion übernehmen Schallwände, Lautsprecherboxen und *Bassreflexboxen*.

Lautsprecherboxen sind kleinere oder größere Gehäuse aus Holz an deren Frontseite ein oder mehrere Lautsprecher für die Schallabstrahlung sorgen. Das Gehäuse verhindert *akustische Kurzschlüsse*, die der Membranbewegung entgegen arbeiten. Dadurch kann die Lautsprechermembran ihre Bewegungsenergie an die Luft abgeben. Lautsprecherboxen sind mit Dämmmaterial ausgeschlagen damit sich keine Eigenresonanzen bilden, und sind je nach Konzept als in sich geschlossene Lautsprecherbox ausgeführt oder sie haben einen Luftschlitz an der Vorder- oder Rückseite.

Lautsprecherboxen die den kompletten Frequenzbereich abstrahlen, sind mit zwei drei oder vier Lautsprechern ausgestattet; mit *Mitteltönern* (MT) kombiniert mit *Hochtönern* (HT) und *Tieftönern* (TT). Man spricht in diesem Zusammenhang von Mehrwegesystemen. Je nach Konzept unterscheidet man zwischen 1-, 2-, 3- oder 4-Wege-Systemen, wobei sich die Wege auf die Frequenzbereiche beziehen. So besteht eine 3-Wege-Lautsprecherbox aus einem Mitteltöner, Hochtöner und Tieftöner. Die Anschlüsse der verschiedenen Chassis sind nach außen geführt und können je nach Anschlusskonzept mit einem *Lautsprecherkabel* oder in *Bi-Wiring*, *Bi-Amping* oder *Tri-Wiring* angeschlossen werden.

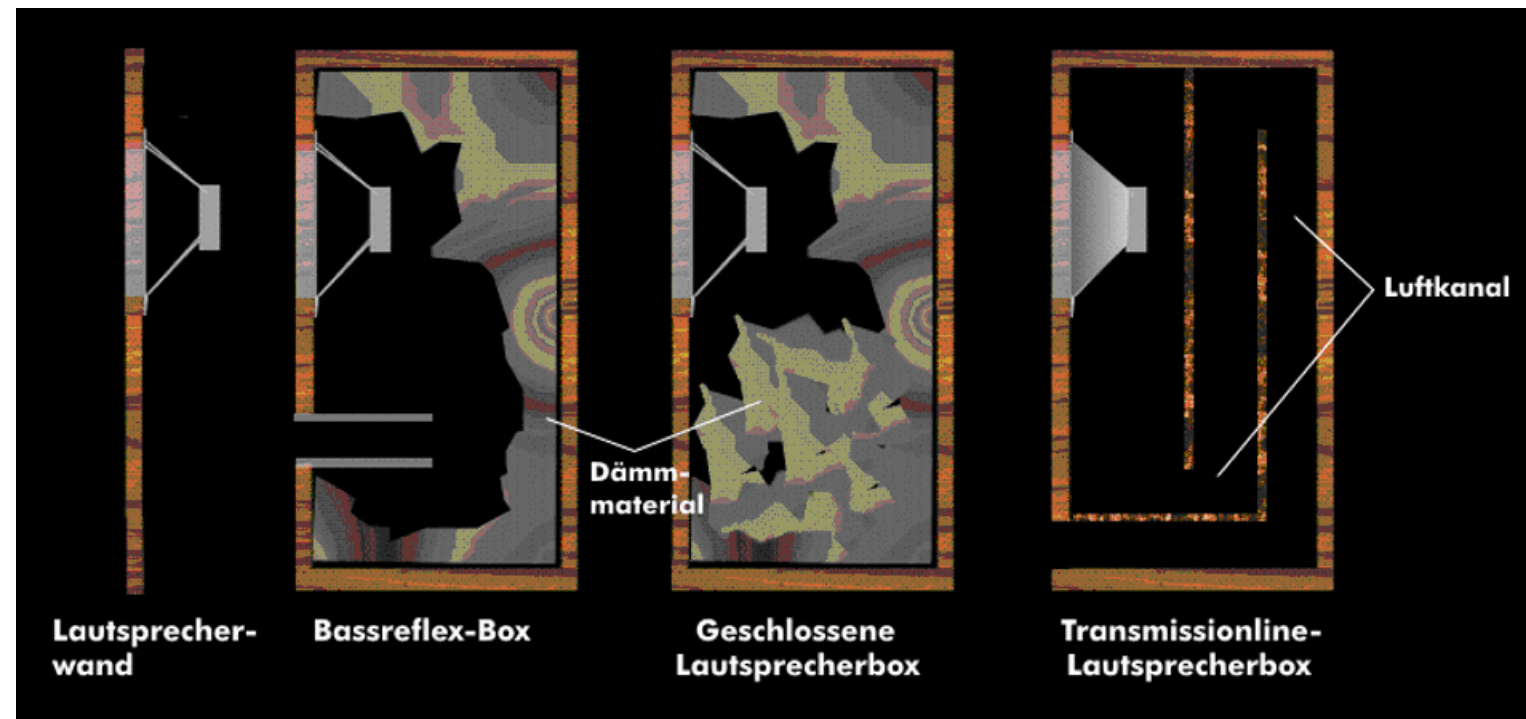
In sich geschlossene Lautsprecherboxen bilden eine unendlich große Schallwand bei der der abgestrahlte Schall nicht an die Lautsprecherrückseite gelangen kann. Die im Gehäuse eingeschlossene Luft bildet ein Luftpolster mit einer definierten Federsteife. Im Tieftonbereich ist der Wirkungsgrad relativ gering. Es können Lautsprecher mit Qts-Werten von über 0,5 eingesetzt werden. Der Qts-Wert bestimmt das Dämpfungsverhalten der Lautsprecher und ist entscheidend für dessen Ein- und Ausschwingverhalten.



# Lautsprecher

Das 1-Wege-System arbeitet mit einem Breitband-Lautsprecher, dessen Frequenzgang den gesamten Audiodbereich von tiefen, bis zu hohen Frequenzen abdeckt. Kritisch gestaltet sich beim 1-Wege-System, das ohne *Frequenzweichen* arbeitet, die Wiedergabe von hohen Frequenzen.

Das 2-Wege-System besteht aus einem Tiefmittel- und einem Hochtöner. Beide Lautsprecher können über Frequenzweichen angeschlossen sein, wobei die Trennfrequenz bei 2 kHz bis 3 kHz liegt.



*Lautsprecherwand und verschiedene Lautsprecherboxen*



# Lautsprecher

Das 3-Wege-System besteht aus drei Lautsprechern: einem Hoch-, Mittel- und Tieftöner. Es gibt diverse Freiheitsgrade für die untere und obere Trennfrequenz. Außerdem Gestaltungsmöglichkeiten mit anderen Lautsprechern.

Die Mehrwegesysteme haben hinreichenden Gestaltungsspielraum und werden nicht explizit klassifiziert. So kann beispielsweise bei einem 4-Wege-System ein Hochtöner, ein Tieftöner und zwei Mitteltöner verwendet werden. Eines der bekannteren Anordnungssysteme ist die *D'Appolito-Anordnung*.

Sind in der Lautsprecherbox ein oder mehrere Leistungsverstärker untergebracht, spricht man von einer *Aktivbox*.

## Lautsprecherkabel *speaker cable*

Um die Verluste in Lautsprecherkabeln so gering wie möglich zu halten und ein möglichst großes Klangvolumen zu übertragen, werden für diesen Zweck hochwertige Kupfer- oder Silberlitzen benutzt. Diese verbinden den niederohmigen Lautsprecherausgang des Leistungsverstärkers direkt mit dem *Lautsprecher*. Dem Lautsprecherkabel kommt in der Audiogerätekette bei der Signalübertragung die größte Bedeutung zu, weil es das längste Kabel in dieser Kette ist und die Klangqualität und Ausgangsleistung, die der Endverstärker liefert, mit möglichst geringen Klangeinbußen zu den Lautsprechern bringen muss.

Lautsprecherkabel sind flexible, ungeschirmte, isolierte Kupferlitzen mit Querschnitten von 0,75, 1,5, 2,5, 4, 6 und 10 qmm, wobei letztere für *PA-Anlagen* ausgelegt sind. Der Leiterwiderstand ist äußerst gering, Skineffekte werden durch die Litze weitestgehend kompensiert. Der Mantelkabel besteht oft aus transparentem Polyvinylchlorid (PVC). Jedes einzelne Lautsprecherkabel und jede einzelne Litze bildet für sich eine Induktivität, deren Wellenwiderstand mit der Frequenz ansteigt. Da Induktivitäten bei Stromfluss magnetische Felder bilden, beeinflussen die von jeder Leitung ausgehenden Magnetfelder die

# Lautsprecher



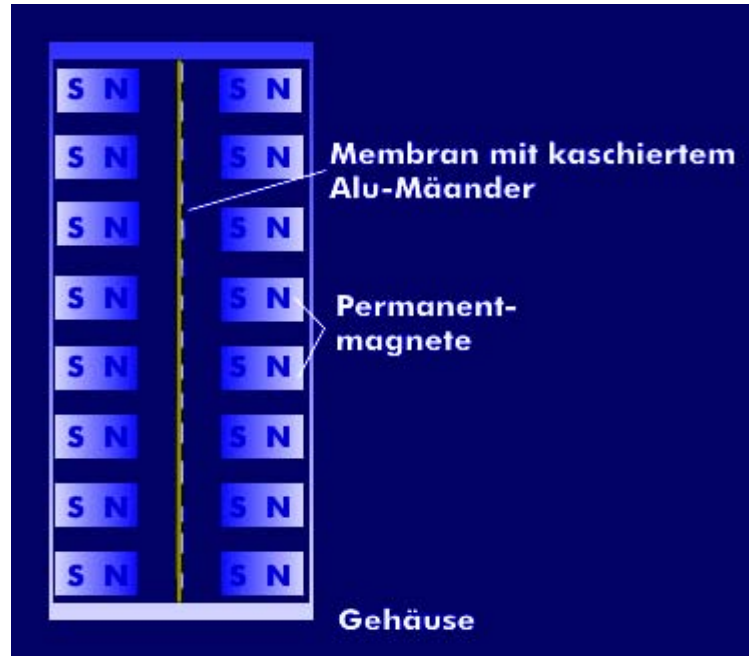
*Lautsprecherkabel mit verschiedenen Durchmessern,  
Foto: Hifilabor*

jeweils anderen Litzen und Leitungen. Diese Beeinflussung versuchen die Hersteller durch konstruktive Maßnahmen zu verringern. Gleiches gilt für die kapazitive Beeinflussung. Um ein Vertauschen der Verstärker- und Lautsprecheranschlüsse zu verhindern, sind die Anschlüsse an den Verstärkern, den Lautsprechern und die Lautsprecherkabel selbst farblich gekennzeichnet, rot (+) und schwarz (-). Damit wird sichergestellt, dass alle Lautsprecher in allen *Lautsprecherboxen* in Phase arbeiten, sich somit alle *Membranen* gleichzeitig nach außen oder innen bewegen.

Abgeschlossen sind Lautsprecherkabel mit hochwertigen Lautsprecher-Steckern. Da sich kein einheitlicher Standard für Lautsprecher-Stecker durchgesetzt hat, kommen die verschiedensten Stecker und Anschlusstechniken zum Einsatz: Schraubterminals, Kabelschuhe, Bananenstecker, Cinchstecker, *DIN-Lautsprecherstecker*, *Speakon-Stecker* und auch der Klinkenstecker. Zur Verhinderung von Oxydation können die Stecker auch vergoldet sein. Vom Anschlusskonzept her unterscheidet man zwischen dem Anschluss mit einem Lautsprecherkabel pro Lautsprecherbox, dem *Bi-Wiring* und dem *Tri-Wiring*.

Magnetostaten sind Flächenstrahler, vergleichbar *Elektrostaten*, mit dem Unterschied, dass die *Membran* von einem magnetischen Feld bewegt wird und nicht von einem elektrostatischen. Bei der frei beweglichen Membran handelt es sich um eine leichte Kunststofffolien-Membran

# Lautsprecher



Aufbau eines Magnetostaten mit beidseitigen Permanentmagneten

gutes Impulsverhalten und sind im Tieftonbereich nicht sehr ausgeprägt. Daher sind es oft *Hochtöner*.

## Membran diaphragm

In dem unter ITWissen.info behandelten Kontext ist eine Membran ein schwingungsfähiges Gebilde, das Druck aufnehmen und abgeben kann. Membranen werden in Sensoren bzw. Mikrofonen eingesetzt, wo sie Druck oder Schalldruck aufnehmen und über die nachgeschalteten Komponenten in elektrische Signale umsetzen. Andererseits werden sie auch in Aktoren wie *Lautsprechern* eingesetzt, wo sie die elektrischen Signale als Schalldruck

mit streifenförmig aufgedampfter Metallschicht. Sie befindet sich in der Mitte zwischen den beidseitig angeordneten Permanentmagneten. Bei Stromfluss durch die Metallbeschichtung wird die Membran, je nach Stromflussrichtung, in die eine oder andere Richtung bewegt, was den Schall erzeugt.

Magnetostate eignen sich für den Hochton- und Mitteltonbereich. Die Membrangrößen liegen bei etwa 2 cm bis 10 cm. Es gibt solche *Lautsprecher* mit wesentlich größeren Membranflächen im Meterbereich auch für den Tieftonbereich.

Magnetostaten sind in ihren Eigenschaften vergleichbar Elektrostaten. Sie haben ein

# Lautsprecher



Membran eines Piezolautesprechers,  
Foto: Lautsprecherbau.ch

abgeben.

Die Form der Membranen richtet sich dabei immer nach deren Einsatz. Bei Mikrofonen und Drucksensoren können es dünne Scheiben aus Metall oder Kunststoff sein, bekannt als Flachmembran, bei Lautsprechern sind es konusförmige Gebilde aus Polypropylen oder Hartpapier und im Falle von *Kalottenlautsprechern* sind sie halbkugelförmig.

Lautsprechermembranen bewegen sich im Rhythmus der an die Schwingspule angelegten Wechselspannung. Je höher diese ist, desto größer ist der Membranhub. Bei

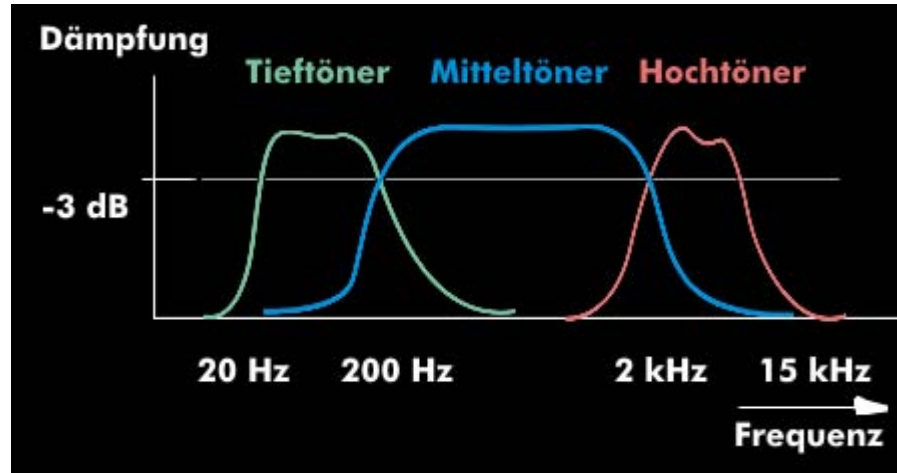
konusförmigen erfolgt die Bewegung ab bestimmten Frequenzen nicht mehr gleichförmig mit dem angelegten Signal, sondern die Membran erzeugt durch Eigenbewegung zusätzliche Schwingungen, die so genannten *Partialschwingungen*, die sich der eigentlichen Membranbewegung überlagern oder ihr entgegenwirken.

## Mitteltöner, MT *midrange speaker*

Mitteltöner (MT) sind *Lautsprecher*, die den mittleren Frequenzbereich abstrahlen. Bei welcher Frequenz dieser Frequenzbereich beginnt und endet ist nicht festgelegt, dieser Bereich hängt vielmehr mit der Konstellation zusammen, in der der Mitteltöner in Kombination mit Hoch- und *Tieftönern* (TT) eingesetzt wird. Im Allgemeinen liegt die untere Frequenz zwischen 100 Hz und 400 Hz und die obere zwischen 3 kHz und 10 kHz.

Auch gibt es keine speziellen Aussagen zur Größe, Leistung oder Art des Lautsprechers. Entscheidend ist die Kombination und der Frequenzgang der anderen Lautsprecher. Die gesamte Frequenzgangkurve aller in einer *Lautsprecherbox* oder -wand kombinierten

# Lautsprecher



Frequenzbereiche von Tief-, Mittel- und Hochtöner in einer 3-Wege-Kombination

wird.

Lautsprecher muss so sein, dass keine Frequenzbereiche angehoben oder gedämpft werden. Das bedeutet, dass bei einem 3-Wege-System die untere Grenzfrequenz des Mitteltöners mit der oberen Grenzfrequenz des Tieftöners und die obere Grenzfrequenz des Mitteltöners mit der unteren Grenzfrequenz des *Hochtöners* übereinstimmen sollte und über die *Frequenzweiche* angepasst wird.

## Neodym-Hochtöner *neodym tweeter*

Neodymium, auch als Neodym bezeichnet, ist ein chemisches Element, das sich durch hohe magnetische Werte wie die Magnetfeldstärke, den magnetischen Fluss oder die Remanenz gegenüber anderen magnetischen Werkstoffen auszeichnet.

Das bedeutet, dass Magnete aus Neodym wesentlich kleiner ausgeführt werden können als vergleichbare Eisenmagnete. Daher wird Neodym in qualitativ hochwertigen *Lautsprechern* und speziell in *Hochtönern* eingesetzt, die unter der Bezeichnung Neodym-Hochtöner oder Neodym-Tweeter gehandelt werden.

Neodym (Nd) wird mit anderen Elementen wie Eisen (Fe) und Bor (B) als NdFeB in metallurgischen Pulververfahren zu Permanentmagneten verarbeitet.

## Ohrhörer earbud

Ohrhörer sind Schallwandler, die direkt ins Ohr gesteckt werden. Ohrhörer oder Ohrstöpsel sind so geformt, dass sie am Außenohr verhakt werden. In dem Gehäuse des Ohrstöpsels befindet sich ein *Lautsprecher* dessen Schall über einen mit Schaumgummi ausgelegten Hörkanal direkt zum Trommelfell gelangt.

Neben dieser Ausführung gibt es noch den In-Ear-Kopfhörer, dessen Hörkanal luftdicht mit dem Gehörgang verbunden ist. Daher auch die Bezeichnung Gehörganghörer. Der luftdichte abgeschlossene Hörkanal bewirkt einen wesentlich besseren Klang über den auch tiefe Töne direkt ans Trommelfell übertragen werden.

Als Kleinstlautsprecher werden kleinste *elektrostatische Lautsprecher*, *Piezo-Lautsprecher* oder *Tauchspulen-Lautsprecher* in die Hörkapseln eingebaut. Der Frequenzbereich ist außerordentlich hoch und deckt den kompletten Audiofrequenzbereich bis über 20 kHz ab. Die untere Frequenz ist davon abhängig, ob es sich um einen Ohrhörer oder einen In-Ear-Ohrhörer handelt. Während Ohrhörer tiefe Frequenzen von etwa 200 Hz übertragen, liegen diese bei In-Ear-Ohrhörern bei etwa 60 Hz. Das bedeutet, dass In-Ear-Ohrhörer auch HiFi wiedergeben können. Je nach Lautsprecherprinzip ist die *Lautsprecherimpedanz* niederohmig, es gibt allerdings auch hochohmige Ausführungen. Darüber hinaus zeichnen sich Ohrhörer durch eine hohe Empfindlichkeit aus, die durchaus 110 dB und höher sein kann.

Es gibt drahtlose und drahtgebundene Ausführungen. Bei den drahtlos arbeitenden Ohrhörern können die Signale über Funk, Infrarotlicht oder mittels Induktionsschleifen übertragen werden. Die drahtgebundenen haben miniaturisierte 3,5 mm Klinkenstecker, die in machen Ausführungen auch vergoldet sind.

Eingesetzt werden Ohrhörer mit iPods, MP3-Playern, portablen Medienplayern (PMP) und anderen Musikplayern.



# Lautsprecher

## Piezo-Lautsprecher

*piezoelectric loudspeaker*

*Piezo-Lautsprecher* nutzen den Piezo-Effekt bei dem durch Anlegen einer Spannung an einen Kristall sich dieser verbiegt. Da solche Lautsprecher extrem klein und leicht aufgebaut werden können und zudem nur wenig Energie und keine große Resonanzvolumen benötigen, eignen sie sich ideal für Mobilgeräte wie Smartphones und Handys.

Die Piezo-Lautsprecher arbeiten mit sehr dünnen Piezo-Kristallen, die beidseitig mit Elektroden kontaktiert sind. Die geringe Auslenkung des Piezo-Kristalls wird auf eine *Membran* übertragen und erzeugt dadurch den Ton.

Die Dicke solcher Lautsprecher liegt unter 1 mm und deren Gewicht unter 1 Gramm. Obwohl Piezo-Lautsprecher nur kleine Durchmesser von etwa 20 mm haben, ist die Klangwiedergabe relativ gut, vor allem natürlich bei höheren Frequenzen. Der Frequenzbereich solcher Lautsprecher liegt zwischen 1 kHz und 10 kHz bei einem Schalldruck, der durchaus vergleichbar ist mit dynamischen Lautsprechern.

## Subwoofer

*Woofers* oder Subwoofer sind Systeme für die Wiedergabe von Tieftönen oder Bässen. Es handelt sich um *Lautsprecher* und -systeme, deren Frequenzbereich unterhalb von 100 Hz liegt. Bei diesen Frequenzen ist das menschliche Ohr nicht mehr richtungsempfindlich. Dadurch können Subwoofer eigenständig ohne speziellen Standort innerhalb eines Schallumfeldes betrieben werden.

Subwoofer sind *Bassreflexboxen*, häufig ausgeführt als Bandpass-Boxen, die mit Eigenresonanzen arbeiten und mit *Helmholtz-Resonatoren* ausgestattet sind. Sie zeichnen sich durch eine kraftvolle Tieftonwiedergabe aus, die das gesamte Klangbild bereichert. Sie werden von eigenen Leistungsverstärkern mit entsprechenden *Frequenzweichen* angesteuert, die sich im Subwoofer-Gehäuse befinden oder als separate Verstärker arbeiten. Subwoofer

# Lautsprecher



Subwoofer mit 30 cm Durchmesser, Foto: Car-Hifi-World

## Tauchspulen- Lautsprecher

*moving coil loudspeaker*

der die *Membran* befestigt ist, in einem Luftspalt in einem permanenten Magnetfeld bewegt wird.

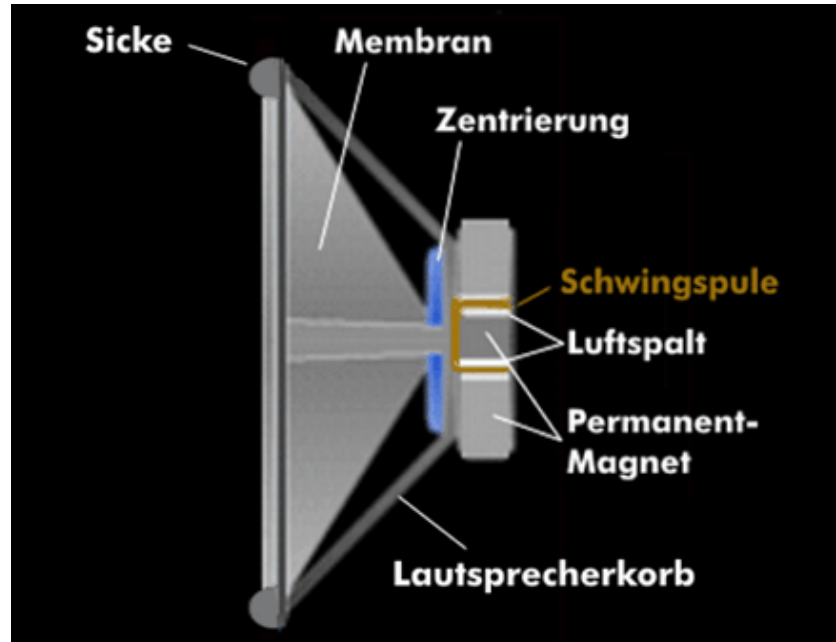
Fließt ein Strom durch die Spule, so wird sich diese in Abhängigkeit von der Stromrichtung in dem permanenten Magnetfeld bewegen. Durch den Stromfluss in der Induktivität entsteht ein magnetisches Feld, dessen Kraftlinien von denen des Permanentmagneten abgestoßen oder angezogen werden und so für die Bewegung der Lautsprechermembran sorgen. Die Auslenkung der Spule entspricht dem Stromfluss. Diese Technik wird als Tauchspulentechnik oder Kolbenprinzip bezeichnet.

Da Spule und Membran miteinander fest verbunden sind, bewegt sich auch die Membran, von

werden über den LFE-Kanal oder einen eigenen Verstärker-Ausgang angesteuert und können frequenz- und pegelmäßig eingestellt werden. Eingesetzt werden solche Tieftonsysteme in *Beschallungsanlagen*, Kinos, Heimkinos, der Autoakustik sowie hochwertigen Audiosystemen wie beispielsweise Dolby-Surround und Dolby-Digital.

Der Tauchspulen-*Lautsprecher* ist ein elektrodynamisch arbeitender Lautsprecher, bei dem eine Spule, an

# Lautsprecher



Aufbau des Tauchspulen-Lautsprechers

aus Kautschuk.

der sich die Schallwelle im Rhythmus des Audiosignals löst. Die Größe der Membran bestimmt die abstrahlbare Tontiefe. Töne mit hohen Frequenzen haben kleine, *Tieftöner* hingegen große Membranen.

Einen solchen einzelnen Lautsprecher, der aus dem Lautsprecherkorb, der Membran mit der Sicke, der Schwingspule und dem Elektromagneten besteht, bezeichnet man auch als Chassis. Die Sicke ist der elastische Gummiring, der um die Membran angebracht ist und diese in ihre Ruhelage hält. Sie ist

## Tieftöner, TT

*Lautsprecher* werden nach dem Frequenzbereich, den sie wiedergeben können gegliedert in *Subwoofer*, *Tieftöner* (TT), *Mitteltöner* (MT) und *Hochtöner* (HT). Tieftöner unterscheiden sich von Subwoofern dadurch, dass ihr Frequenzbereich nicht so tief ist wie der der Subwoofer und vor allem, dass ihr Schalldruck geringer ist.

Der Frequenzbereich von Tieftönern kann nur für einen bestimmten Tiefton-Lautsprecher angegeben werden, aber nicht generell, da er von der Kombination und der Abstimmung aller drei Lautsprechertypen, der des Hoch-, Mittel- und Tieftöners abhängig ist. Es kann aber

# Lautsprecher



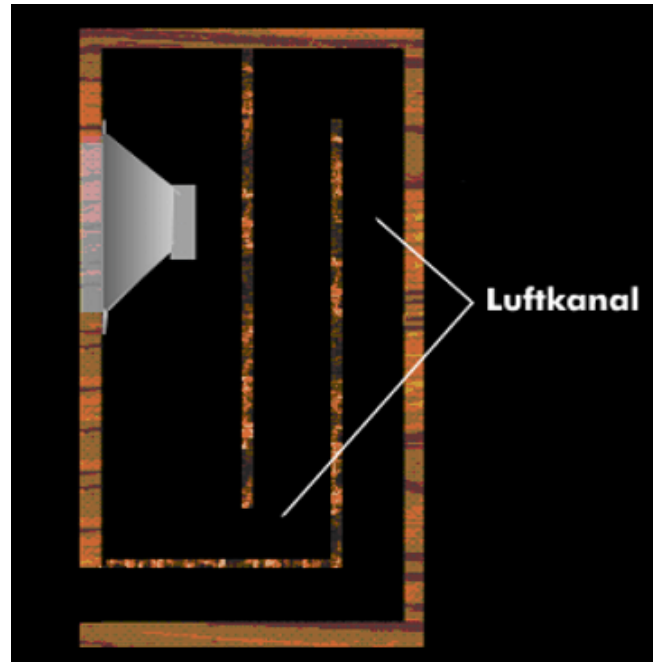
*Tiefton-Lautsprecher, US-Blaster, 38 cm  
Durchmesser, 17 Hz untere Frequenz*

festgehalten werden, dass der Frequenzbereich von Tieftönern bei etwa 20 Hz bis 100 Hz beginnt und bis zu 500 Hz reicht. Da der abgestrahlte Frequenzbereich von dem Volumen abhängig ist, das die *Membran* bewegen kann, haben Tieftöner eine relativ große Membranfläche und einen großen Membranhub. Beides hängt unmittelbar mit der Abstrahlung von tiefen Tönen zusammen, da die bewegte Masse, die aus dem Membrangewicht und dem Gewicht der Schwingspule besteht, durch die elektromagnetische Kraft nur eine bestimmten Beschleunigung erfahren kann. Die Membranen haben einen Durchmesser von 20 cm bis 30 cm. Tiefton-Chassis sind wegen der starken mechanischen Beanspruchung sehr robust aufgebaut.

## Transmissions-Box

Transmissionline ist ein Konstruktionsprinzip von Lautsprecherboxen, resp. Bassreflexboxen. Das Prinzip der Transmissionline basiert darauf, dass der Tieftonlautsprecher über einen Luftkanal, der Transmissionline, versorgt wird. Durch den Luftkanal werden Reflexionen an der Innenseite des Gehäuses vermieden, die der Membranbewegung entgegen wirken. Der Luftstrom an der Membranrückseite liegt beim Transmissionline-Prinzip in Phase mit der Lautsprecherbewegung.

# Lautsprecher



*Aufbau einer Transmissionline-Lautsprecherbox*

Die Länge der Transmissionline ist entscheidend für die untere Grenzfrequenz, weil sie akustische Rückkopplungen in der Lautsprecherbox verhindert. Der Querschnitt des Luftkanals muss allerdings mindestens dem der Lautsprechermembran entsprechen. Außerdem ist er zur besseren Absorption des Schalls mit stark absorbierenden Materialien ausgestattet. Der Vorteil des Transmissionline-Prinzips liegt darin, dass mit kleinen Boxengrößen tiefe Töne stark ausgeprägt abgestrahlt werden. Deswegen wird dieses Konstruktionsprinzip bei Woofern und Subwoofern angewendet.

## Tri-Wiring

Das Tri-Wiring ist ein Anschlusskonzept von Lautsprecherboxen. Analog zum Bi-Wiring hat das Tri-Wiring drei getrennte Lautsprecherkabel: eines für den Hochtöner, ein zweites für den Mitteltöner und das dritte für den Tieftöner. Voraussetzung für das Anschlusskonzept ist, dass die Anschlüsse der einzelnen Chassis einzeln nach außen geführt sind. Das Konzept unterscheidet sich vom Bi-Wiring dadurch, dass der Hoch- und Mitteltöner nicht gemeinsam an ein Kabel angeschlossen werden, sondern jedes Chassis für sich an ein eigenes.

## Triaxial-Lautsprecher

Ein Triaxial-Lautsprecher ist ein Lautsprecher, in dem ein Tieftöner (TT), Mitteltöner (MT) und Hochtöner (HT) in einem Lautsprecher-Chassis kombiniert sind. Die drei Lautsprecher sind zu

# Lautsprecher



*Triaxial-Lautsprecher von Quantum*

einem 3-Wege-System kombiniert. Ähnlich wie bei Koaxial-Lautsprecher befindet sich der Mitteltöner auf der Mittelachse des Tieftöners und der Hochtöner auf einer weiteren Achse daneben.

Triaxial-Lautsprecher werden vorwiegend in der Auto-HiFi-Technik eingesetzt. Sie zeichnen sich durch gute Leistungsdaten mit Sinusleistungen bis über 200 W und eine hohe Klangqualität aus, die durch den Frequenzbereich von 20 Hz bis 21 kHz gewährleistet ist. Ihre Sicken sind aus Kautschuk und ihre Membranen

sind aus Polypropylen und im Falle der Hochtöner aluminiumbeschichtet.

Triaxial-Lautsprecher haben einen entscheidenden Vorteil gegenüber anderen Lautsprechern und Lautsprecherboxen: die Klangabstrahlung ist annähernd punktförmig.



## Herausgeber

Klaus Lipinski  
Datacom-Buchverlag GmbH  
84378 Dietersburg

ISBN: 978-3-89238-217-1

## Lautsprecher

Copyright 2011  
Alle Rechte vorbehalten.  
Keine Haftung für die angegebenen Informationen.



Creative Commons  
Namensnennung- Keine  
Kommerzielle Nutzung - Keine  
Bearbeitung 3.0 Deutschland

**Hinweis** — Im Falle einer Verbreitung müssen Sie anderen alle  
Lizenzbedingungen mitteilen, die für dieses Werk gelten.  
Das E-Book darf nur dann auf fremde Webseiten gestellt werden,  
wenn ein Backlink auf [www.itwissen.info](http://www.itwissen.info) gesetzt ist.

Produktion: [www.media-schmid.de](http://www.media-schmid.de)  
Titelbild: © Yurok Aleksandrovich - Fotolia.com

Weitere Informationen unter [www.itwissen.info](http://www.itwissen.info)