

Strom wird Klang
-
Zum Prinzip des dynamischen Lautsprechers

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|------|---|--------|
| 1. | Stichwort Lautsprecher | - 3 - |
| 2. | Geschichtliche Entwicklung des Lautsprechers | - 3 - |
| 3. | Kategorisierung dynamischer Lautsprecher | - 5 - |
| 3.1 | Konuslautsprecher | - 6 - |
| 3.2. | Kalottenlautsprecher | - 8 - |
| 3.3 | Druckkammerlautsprecher | - 9 - |
| 4. | Schallentstehung am Beispiel des Konuslautsprechers | - 11 - |
| 5. | Fazit | - 13 - |
| | Literaturverzeichnis | - 14 - |
| | Abbildungsverzeichnis | - 15 - |

1. Stichwort Lautsprecher

Sie steht in der Küche, bei vielen im Wohnzimmer, auch am Arbeitsplatz oder im Auto ist sie ein ständiger Begleiter - die Lautsprecherbox. Ob sie eingebaut in einem Fernsehgerät, im Küchenradio, in einer HiFi-Anlage oder sogar als Teil einer PA-Anlage Gehör findet, hängt dabei vom jeweiligen Einsatzzweck ab. Sie ist unstrittig ein Bestandteil unseres Lebens, indem sie das letzte Glied in einer Kette darstellt, das uns akustisch mit Informationen in Form von Nachrichten versorgt oder uns Freude mit natürlich oder künstlich erzeugten musikalischen Klängen bereitet.

Bis es möglich war, Klänge problemlos und naturgetreu wiedergeben zu können, mussten verschiedene Hürden überwunden werden. Ich werde deshalb mit dieser Arbeit zuerst einen kurzen Einblick in die Geschichte des Lautsprechers und dessen Entwicklung geben.

Lautsprecher gibt es in großer Zahl und sehr vielen Varianten. Die Hersteller bieten eine große Produktpalette für vielfältige Einsatzmöglichkeiten an. Letztendlich kann man diese Vielfalt aber immer auf diverse Grundtypen reduzieren, die in dieser Arbeit ausführlich betrachtet werden. Speziell werden dynamische Wandlerprinzipien und Übertragungsbereiche thematisiert. Grundlegend wichtig erscheinen mir dabei, Aufbau und Wirkungsweise einzubeziehen und diese Parameter als Ursache für den jeweiligen Übertragungsbereich eines bestimmten Lautsprechertyps zu erörtern.

Um das Thema einzugrenzen, werde ich mich auf die Betrachtung der meist im Studio und für Beschallung im Live-Bereich verwendeten Konus-, Kalotten- und Druckkammerlautsprecher beschränken.

2. Geschichtliche Entwicklung des Lautsprechers

Die ersten Wurzeln der Entwicklung des Lautsprechers sind im 19. Jahrhundert zu suchen. Schon 1837 konstruierte der Amerikaner Samuel Finley Morse den ersten Telegraphen, mittels dessen die für das Telefon wichtige Voraussetzung geschaffen wurde, Signale über elektrische Stromleitungen übermitteln zu können. Alexander Graham Bell war es, der knapp 40 Jahre später, 1876 in Boston



2.1 Alexander Graham Bell mit Telefon (um 1876)

(Massachusetts) das Telefon erstmals zur praktischen Anwendung brachte.¹ Sprachaufnahme und -wiedergabe wurde über nur 1 Trichter realisiert. Darin waren eine Metallmembran und eine um einen Stabmagneten gewickelte Spule montiert. Diese drei Bauteile sind noch heute Bestandteile des dynamischen Lautsprechers.

Jetzt schritt die Entwicklung schnell voran. Auch der amerikanische Erfinder Thomas Alva Edison experimentierte schon seit 1870 mit seinem so genannten Phonographen (Bild 2.2). Edison entwickelte sein Gerät bis 1877 soweit, dass es ihm möglich war, als erster Mensch eine Aufnahme seiner eigenen Stimme zu hören: Ein flaches blechernes „Hello“ war aus dem großen Trichter zu vernehmen. Am unteren Ende dieses metallenen Trichters, der einen Teil des Mikrofons und zugleich Lautsprecher darstellte, war eine dünne Membran befestigt - notwendig für Aufnahme und vor allem Wiedergabe dieses zweisilbigen „Hello“.



2.2 Phonograph

Die Konkurrenz ließ nicht lange auf sich warten. Der deutsche Erfinder Emil Berliner meldete schon ein paar Jahre später, 1887, Patent auf sein Grammophon (Bild 2.3) an. Ein großer Vorteil dieses Gerätes war, dass der scheibenförmige Tonträger, im Gegensatz zur Wachswalze des Phonographen, industriell reproduzierbar war.



2.3 Grammophon

Einen großen elektrotechnischen Schritt machte auch Werner von Siemens, Er war unter anderem verantwortlich für den Bau der ersten Dynamomaschine, deren Prinzip die elektromagnetische Induktion von Spulen als Elektromagneten nutzte. Grundlage dafür war das dynamoelektrische Prinzip, das er 1866, fünf Jahre nach dem Ungarn Ányos Jedlik wiederentdeckte. 1878 erhielt er ein Patent für den elektrodynamischen Lautsprecher, der unter anderem aus Spule, Membran und Hufeisenmagnet bestand und den heutigen dynamischen Lautsprechern in seiner Funktion schon sehr ähnlich war. In England wird Sir Oliver Lodge, ein Professor für Physik an der Universität Birmingham, als Begründer des modernen Lautsprechers angesehen. 1898 gelang es ihm in einem Experiment, Laute durch elektrischen Strom zu erzeugen.

Um die Jahrhundertwende versuchten viele Wissenschaftler und Erfinder das Prinzip des Lautsprechers zu perfektionieren - mit Erfolg. 1925 wurde auf der Funkausstellung in Berlin

¹ Vgl. <http://de.wikipedia.org/wiki/Telefon#Geschichte>. 01.09.2006.

der Blatthaller (Bild 2.4) vorgestellt. Kein Jahr später entwickelten Chester Rice und Edward Kellog in den USA den elektrodynamischen Lautsprecher, wie er weitgehend heute noch gebaut wird.²

2.4 Blatthaller



3. Kategorisierung dynamischer Lautsprecher

Lautsprecher (englisch: Speaker) sind wie Mikrofone elektroakustischer Wandler. Mikrofone wandeln Schallschwingungen zunächst mit Hilfe ihrer Membran in mechanische Schwingungen und danach in elektrische Wechselspannungen um³. Lautsprecher, kann man sagen, übernehmen die gegensätzliche Funktion. Sie sind in der Lage elektrische Impulse erst in mechanische Schwingungen und daraufhin in akustische Wellen, sprich Schall, umzuwandeln. Damit stellen sie de facto das Ende einer Übertragungskette dar, die mit den Mikrofonen ihren Anfang hat.

"Eine Kette ist so stark wie ihr schwächstes Glied". Diese Feststellung dürfte auch für die Übertragungskette von Schallwellen zutreffen. Lautsprecher sind dieses schwächste Glied. Gründe dafür sind zum einen in „Faktoren wie nicht-linearem Frequenzgang und [schlechtem] Impulsverhalten [...] [zu suchen], zum anderen aber auch an den jeweiligen Abhörbedingungen [festzumachen]“⁴, die einen linearen Frequenzgang nicht realisierbar machen. Auch der Wirkungsgrad des heutigen Lautsprechers ist eher als schlecht einzustufen. Der Wirkungsgrad definiert das Verhältnis von aufgenommener Leistung (entspricht der elektrischen zugeführten Leistung) zu abgegebener Leistung (entspricht der abgegebenen Schalleistung).

„Übliche Wirkungsgrade von Lautsprechern liegen in der Größenordnung von etwa 0,3 bis 0,8 Prozent (83 bis 91 dB (Dezibel) bei 1 Watt, 1 Meter)“. PA-Lautsprecher (PA: Public Address) erreichen bis zu 3 Prozent Wirkungsgrad – das sind etwa 101 dB bei 1W pro 1m.)⁵ Der Wirkungsgrad eines PA-Lautsprechers liegt also etwa 10 dB über dem eines HiFi-Lautsprechers. Daraus ist zu folgern, dass ein PA-Lautsprecher, der mit 10 Watt angesteuert wird, etwa so laut wie sein Pendant aus dem HiFi-Bereich mit 100 Watt sein muss (10 dB entsprechen Faktor 10 in der Leistung). Über 90 Prozent der zugeführten Leistung wird also in Wärme umgewandelt.

² Vgl. <http://de.wikipedia.org/wiki/Lautsprecher>. 01.09.2006.

³ Vgl. Dickreiter, Michael: Handbuch der Tonstudioteknik. K.G.Saur 1997. S.146.

⁴ Vgl. Henle, Hubert: Das Tonstudio Handbuch. GC Carstensen 2001. S.379.

⁵ Vgl. <http://www.schallwandler.de/hifi/glossar.htm>. 01.09.2006.

Die Kategorisierung von Lautsprechertypen ist zum einen mit Blick auf ihren Übertragungsbereich möglich. Man trifft in diesem Fall eine Unterscheidung zwischen Tiefton-, Mittelton-, Hochton- und Breitbandlautsprechern, entsprechend des Frequenzbereiches, den sie wiederzugeben in der Lage sind.

Zum anderen ist es möglich, eine Differenzierung nach dem jeweiligen Wandlerprinzip zu treffen. Laut Dickreiter lassen sie sich folgendermaßen unterscheiden: dynamische Lautsprecher - das in der Ton- und Beschallungstechnik am weitesten verbreitete Lautsprecherprinzip - elektrostatische Lautsprecher, piezoelektrische und magnetische Lautsprecher. Die dynamischen Lautsprechertypen, Konus-, Kalotten- und Druckkammerlautsprecher, sind in der Lage, frequenziell breitbandig die größten Lautstärkepegel zu erzeugen. Sie werden in den folgenden Kapiteln gesondert betrachtet.

Eine dritte Möglichkeit der Unterscheidung bietet sich nach der Abstrahlcharakteristik, beispielsweise Kugellautsprecher oder der in großen Räumen bis hin zu in Kirchen genutzten Prinzip der Schallzeile, an.

Diese Kriterien definieren schließlich zusammen mit „Leistung und elektroakustische[r] Qualität [das Einsatzgebiet] (Studio- oder Monitorlautsprecher, Kommandolautsprecher, Beschallungslautsprecher u.a.)“⁶ des Speakers.

3.1 Konuslautsprecher

Der Konuslautsprecher (Bild 3.1.1) ist aufgrund seiner Wirkungsweise den dynamischen Lautsprechern zuzuordnen. Sein Name ist auf den charakteristisch kegelförmigen Schnitt seiner Membran zurückzuführen (Konus = Kegel ohne Spitze). Diese Kegelform hat die Aufgabe, der Membran selbst mehr Steifigkeit zu verleihen.

Die Membran besteht meist aus so genanntem Pappenguss. Kunststoffe und manchmal auch Aluminium verleihen ihr noch mehr Steifigkeit. Vorderseitig ist sie über eine elastische Masse, die Sicken, mit dem aus Stahlblech oder Aluminium-Druckguss gefertigten Lautsprecherkorb verbunden. Je nachdem wie weich oder hart die Sicken gearbeitet sind, kann sich die Membran bei der Tonerzeugung mehr oder weniger axial nach vorn und hinten bewegen. Man spricht auch von weicher oder



3.1.1 Konuslautsprecher einer HiFi-Box

⁶ Dickreiter 1997, S.205.

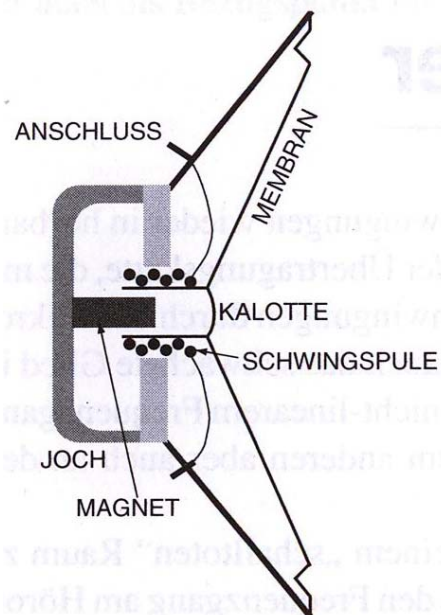
harter Aufhängung. Laut Beckmann eignen sich harte Aufhängungen besser für den Einbau in PA-Anlagen, vorzugsweise in Boxen mit Schallöffnungen, da sie mehr Schalldruck erzeugen als mit weicher Aufhängung⁷. Allerdings müssen je nach Frequenz, die der Lautsprecher wiedergeben soll, Kompromisse eingegangen werden. Denn je niedriger die Frequenz ist, die abgestrahlt werden soll, desto beweglicher muss die Sicke wegen des größeren Membranhubes sein. Abgesehen von Gummi, Papier und getränktem Gewebe wird auch Leinen zur Herstellung verwendet. Manchmal bestehen sie auch aus geschäumten Polymeren, die jedoch empfindlich auf UV-Licht reagieren und nach einiger Zeit brechen können.⁸

Der Durchmesser eines Speakers wird in Zoll (‘‘) angegeben, wobei 1 Zoll 2,54cm entspricht. Gängige Größen sind zum Beispiel 12‘‘ (30cm), 15‘‘ (38cm) und 18‘‘ (46cm).

Weiterhin gilt, dass sich die Übertragungsfrequenzen nach unten verschieben, je größer der Durchmesser der Membran ist. Ein Lautsprecher mit großer Membranfläche wird daher logischerweise für die Übertragung von Bässen genutzt. Aber auch die Mitten- und Höhenübertragung sind mit Konusmembranen möglich, wenn sie in der Fläche reduziert werden. Gegebenenfalls wird in der Mitte ein zweiter Konus bzw. eine Kalotte (auch Lautsprecherdom genannt) eingeklebt, der/die zum einen die dort auftretenden mittleren und hohen Frequenzen verstärkt abstrahlt, aber auch verhindern soll, dass Staub oder andere Fremdkörper in das Innere des Lautsprechers gelangen. Auch eine Kalotte aus Aluminium ist denkbar. Dadurch wird eine besonders verstärkte Mittenabstrahlung erreicht, die beispielsweise für Gitarrenboxen notwendig ist.

Hinten wird die Membran durch die Zentriermembran oder einfach Zentrierung gehalten. Sie verhindert radiale Bewegungen zur Seite hin, da sie in diese Richtung sehr steif gearbeitet ist.

Das hintere Ende des Lautsprechers bildet ein Dauer- bzw. Permanentmagnet. Dieser besteht aus dem so genannten Joch, Polplatten und dem Polkern. Das Joch schließt den Lautsprecher nach hinten ab und mündet vorderseitig in den beiden Polplatten, die sich mit ihren Enden praktisch gegenüber stehen. Mittig dazwischen befindet sich der Polkern. Nun verbleibt zwischen Polkern und den Enden der beiden Polplatten etwas Freiraum. In diesem Spalt ist der Schwingspulenträger



3.1.2 Schema eines Konuslautsprechers

⁷ Vgl. Beckmann, R.: Handbuch der PA-Technik. Elektor Verlag 1989. S.109.

⁸ Vgl. <http://www.schallwandler.de/hifi/glossar.htm>. 01.09.2006.

und die dazugehörige Schwingspule zu finden (Bild 3.1.2). Sie sind direkt an der Rückseite der Membran befestigt. Spule und Träger sind zugleich auch die empfindlichsten Bauteile. Von der Spule hängt unter anderem die Belastbarkeit des Lautsprechers ab. Bei zu starker Belastung ist es möglich, dass sie zu stark, bis hin zum Defekt erhitzt⁹ oder die Spulenwicklung aus dem homogenen Feld des Magneten gerät.

3.2 Kalottenlautsprecher

Ein weiterer Vertreter des dynamischen Lautsprecherprinzips ist der Kalottenlautsprecher (Bild 3.2.1). Schall breitet sich bei diesem Lautsprechertyp nicht über eine große Membran aus, sondern wird ausschließlich über die, eigentlich als Staubschutz gedachte, Kalotte abgestrahlt. Man könnte sagen, er ist der kleine Bruder des Konuslautsprechers, da er ihm im Aufbau stark ähnelt.

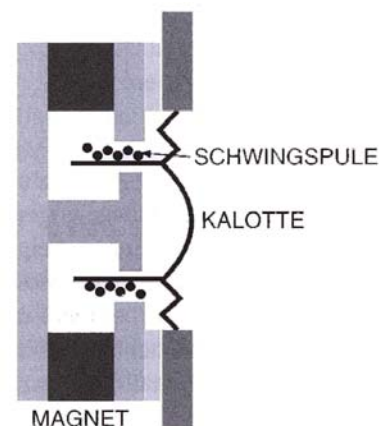
Die Sicken, die auch hier als Aufhängung dienen, sind direkt an die Kalotte und auf der gegenüberliegenden Seite an die Montageplatten angepresst (Bild 3.2.2). Sie müssen jedoch ausreichend steif sein, da die Kalotte aufgrund ihrer kleineren Fläche



3.2.1 Kalottenlautsprecher einer HiFi-Box

im Verhältnis wesentlich weniger schwingen darf, als eine Konusmembran. Der Wirkungsgrad einer Kalotte ist daher kleiner als der einer Konusmembran. Mitverantwortlich dafür ist auch der Luftspalt zwischen Polkern und Polplatten, der bauartbedingt sehr groß ist. Aus diesem Grund sind stärkere Magneten erforderlich, damit ein akzeptabler Wirkungsgrad erzielt werden kann.

Kalotten sind für die Abstrahlung tiefer Frequenzen eher ungeeignet. Sie können nur schwer so große Luftmassen bewegen, die zur Erzeugung von unteren Mitten oder gar Bässen notwendig sind, wie eine vergleichsweise viel größere Konusmembran. Sie werden daher wegen ihres kleinen Durchmessers vorrangig zur Abstrahlung oberer Mitten und zur Übertragung von Höhen eingesetzt. Ihr Vorteil besteht darin, dass durch die vorgewölbte Kalotte einen sehr großer Abstrahlwinkel von bis zu 180



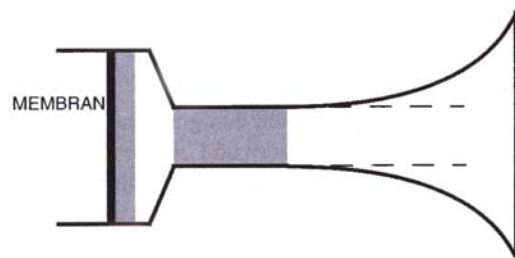
3.2.2 Schema eines Kalottenlautsprechers

⁹ Vgl. Beckmann, R. 1989, S.110.

Grad erreicht werden kann. Das Abstrahlverhalten ist ein Parameter, der zugleich auch Qualitätsmerkmal eines Lautsprechers ist. Für eine Beschallung in einem Raum mit großer Breite, ist auch ein breiter Abstrahlwinkel für mittlere und hohe Frequenzen sehr wichtig, weil die Richtwirkung mit steigender Frequenz zunimmt. Das heißt Mitten und Höhen werden gerichtet abgestrahlt, wenn die Maße der Membran (Konus oder Kalotte selbst) größer ist, als die abgestrahlte Wellenlänge.

3.3 Druckkammerlautsprecher

Der Aufbau des Druckkammerlautsprechers ist angelehnt an den eines Kalottenlautsprechers. „Die Membran kann jedoch nicht frei abstrahlen [wie bei der Kalotte], sondern wird von einer Druckkammer [und dem davor angebrachten Schalltrichter] abgeschlossen“.¹⁰ (Bild 3.3.1)



3.3.1 Schema eines Druckkammerlautsprechers

Wird nun die Membran ausgelenkt, entsteht in der Kammer davor ein Überdruck. Dieser kann dann nur durch einen verengten Schallkanal (Horn) nach außen entweichen - dieses Prinzip ist nicht neu. Schon früher benutzte man zum Beispiel Tierhörner, um möglichst laute Signale erzeugen zu können.

Der positive Effekt dieser Arbeitsweise ist schnell beschrieben: die abgegebene Schallleistung erhöht sich um das Quadrat des Verhältnisses von Membranfläche zur Fläche des Horndurchmessers (= Fläche des verengten Schallkanals). Das bedeutet, dass je größer das Verhältnis dieser zwei Flächen ist, desto höher ist die abgegebene Schallleistung. Zur Erzeugung desselben Schalldrucks bräuchte man ohne Horn entweder einen sehr großen Lautsprecher oder man müsste mehrere miteinander verschalten.

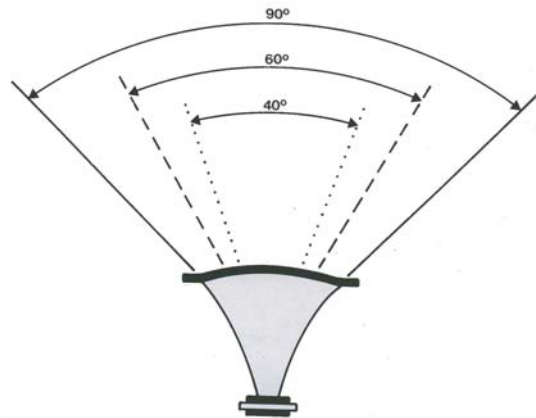
Die Lautstärkeüberhöhung, die dadurch erreicht wird, geht allerdings zu Lasten anderer Eigenschaften dieses Lautsprechertyps. So „neigen Druckkammerlautsprecher [laut Henle] zu einem nasalen, hornähnlichen Klang“¹¹, der nicht wünschenswert, weil dann nicht linear, ist. Klangliche Ausgewogenheit erfährt der Hörer ohnehin nur in einem je nach Horntyp definierten Winkel, da die Schallabstrahlung auch bei Druckkammerlautsprechern mit zunehmender Frequenz gerichtet wird (Beaming). Aufgrund der klanglichen Abstriche wurde dieser Lautsprechertyp in Tonstudios durch inzwischen auch leistungsstarke

¹⁰ Henle, Hubert 2001, S.381.

¹¹ Henle, Hubert 2001, S.382.

Kalottenlautsprecher ersetzt. Sie sind jedoch nach wie vor eine gute Wahl, wenn hohe Schallleistung im oberen Frequenzbereich von Nöten ist, zum Beispiel bei der Beschallung im Live-Bereich und im Kino.

Die Angaben über das Abstrahlverhalten von Hörnern werden in Winkelgrad (für horizontale und vertikale Richtung) angegeben. Modelle für den Nahbereich weisen einen größeren horizontalen Winkel auf (circa 90 Grad), für weitere Distanzen werden kleinere Abstrahlwinkel (40 bis 60 Grad) verwendet. Zur gleichmäßigen Beschallung großer Flächen empfehlen sich Kombinationen von Hörnern mit unterschiedlichem Abstrahlverhalten.¹²



3.3.2 Abstrahlwinkel eines Druckkammerlautsprechers

Ein Druckkammerlautsprecher besteht also aus 2 Teilen: dem Treiber, das ist der eigentliche Lautsprecher und dem Horn, das davor angebracht ist. Die Eintrittsöffnungen der Hörner sind den Größen der Austrittsöffnungen der Treiber angeglichen. So ist eine Kombination jedes Treibers mit jedem Horn problemlos möglich.¹³ Auch unterschiedliche Größen lassen sich mit Hilfe eines Adapters anschließen. Typische Größen sind $\frac{3}{4}$ " , 1" und 2". Lautsprecher, die nur sehr hohe Frequenzen wiedergeben (Tweeter), das heißt auch bis zu 20 kHz erreichen können, sind daran zu erkennen, dass sie keine Hörner haben oder ihre Hörner kürzer gearbeitet sind. Wenn auch der Mitteltonbereich abgebildet werden soll, werden die Hörner entsprechend größer bzw. auch länger, da auch die Wellenlänge mit fallender Frequenz zunimmt.

Auch die Empfindlichkeit gegenüber Spitzenimpulsen und kurzzeitigen Überlastungen ist ein entscheidender Nachteil gegenüber den anderen dynamischen Lautsprechertypen. So ist die Belastbarkeit hier wesentlich geringer als bei einem vergleichbaren Konuslautsprecher. Die vom Hersteller angegebene untere Grenzfrequenz des Treibers sollte daher nie unterschritten werden. Auch sollte darauf geachtet werden, das zu ihm passende Horn zu wählen. Die gebräuchlichsten Grenzfrequenzen der Hörner liegen bei 500 Hz, 800 Hz und 1200 Hz.¹⁴ Das

¹² Vgl. Beckmann, R. 1989, S.118.

¹³ Vgl. Beckmann, R. 1989, S.118.

¹⁴ Vgl. Beckmann, R. 1989, S.117.

Überlastungsrisiko kann auch mit Hilfe von davor geschalteten Hochton-Schutzschaltungen oder Kompressoren/ Limiter reduziert werden.

4. Schallentstehung am Beispiel des Konuslautsprechers

Bevor ersichtlich werden kann, wie der Lautsprecher im Detail funktioniert, sollte die Entstehung eines Schallereignisses im Allgemeinen geklärt werden. Ein Schallereignis, sei es ein Ton als Ergebnis periodischer oder ein Geräusch als Resultat nichtperiodischer Schallwellen, verursacht Druckänderungen in einem Medium, zum Beispiel in der Luft. Diese Luftdruckänderungen überlagern sich mit dem lokal herrschenden (statischen) Luftdruck (im Durchschnitt 1013 mbar) und führen sowohl zu positiven als auch zu negativen Abweichungen der resultierenden Welle zu diesem Wert. Die Differenz zwischen statischem und dem aus dem Schallereignis resultierenden Luftdruck wird als Schalldruck bezeichnet. Sobald der Schalldruck den Wert von 0,00002 Pascal (Hörschwelle) überschreitet, ist das Schallereignis für den Menschen laut Dickreiter hörbar.¹⁵

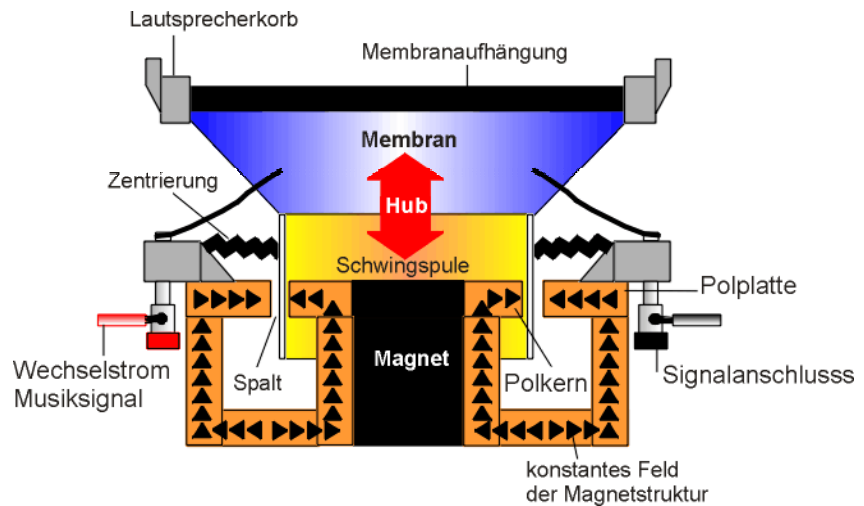
Schall breitet sich longitudinal aus, das heißt die Schallwelle bewegt und verdichtet an ihrem momentanen Ort die Luftteilchen und erzeugt damit eine Änderung des Luftdrucks. Ausgangspunkt dieser Luftdruckänderung kann beispielsweise die Membran eines Lautsprechers sein, die sich in axialer Richtung schwingt. Wodurch bewegt sich aber die Membran?

Das Audiosignal wird über zwei Drähte, die Zuführungslitzen, in die Schwingspule geleitet. Diese, auf den Schwingspulenträger aufgewickelte Spule wird „vom tonfrequenten Wechselstrom, [das heißt vom Wechselstrom des Audiomaterials], durchflossen.“¹⁶ Weil ein sich ändernder Strom durch die Spule fließt, wird in ihr eine Spannung induziert. Das hat zur Folge, dass sich um die Spule herum ein elektromagnetisches Feld aufbaut, dessen Stärke sich äquivalent zur Stärke des Wechselstroms ändert. Das würde aber noch nicht genügen, die Schwingspule geschweige denn die Membran in Bewegung zu versetzen, wäre nicht neben der Spule ein Dauermagnet, der um sich herum ein permanentes Gleichfeld erzeugt. Verursacht durch den Wechselstrom ändert sich im Feld der Spule die Polung. Dadurch wird die bewegliche Schwingspule im Luftspalt letztendlich vom Gleichfeld des Permanentmagneten wechselnd angezogen und abgestoßen. Bewegt sich also die Spule, schwingt auch die mit ihr verbundene Membran (Bild 4.1).

¹⁵ Vgl. Dickreiter 1997, S.6.

¹⁶ Dickreiter 1997, S.206.

4.1 Funktionsschema eines Konuslautsprechers

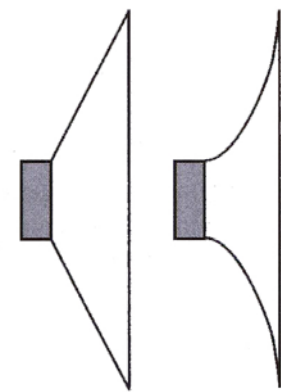


Die Kraft F , die die Membran antreibt ist hierbei proportional zum fließenden Strom, zur Leiterlänge l und der magnetischen Flussdichte B :¹⁷

$$F = B \times I \times l$$

Also sind die Eigenschaften des Magneten ein wichtiger Faktor, der Einfluss auf die Qualität des Lautsprechers hat. Größere Wirkungsgrade lassen sich auch mit so genannten Doppelmagnetlautsprechern erreichen. Sie weisen anstelle eines, zwei große übereinander liegende Ringmagneten auf. Daraus ergibt sich ein größerer Auslenkungshub von Schwingenspule und Membran.¹⁸

Bei der Herstellung von Konusmembranen muss meist ein Kompromiss zwischen Steifigkeit und Gewichtsreduzierung eingegangen werden. Einerseits sollen die Membranen möglichst leicht sein, um das Audiosignal linearer übertragen zu können, andererseits müssen sie genug Steifigkeit aufweisen, damit sie sich nur als Ganzes bewegen. So kann es sein, dass sie ab einer bestimmten Frequenz dazu neigen schwingungsmäßig auszubrechen und Partialschwingungen aufweisen können. Am Rand werden dann noch Gegenbewegungen ausgeführt, während die Schwingenspule die Membran vom Lautsprecherdom her bereits neu anregt. „Dies wirkt sich ungünstig



4.2 herkömmliche Membran (links),

Nawi-Membran (rechts)

¹⁷ Vgl. Prof. Dr. Stefan Weinzierl. Script Kommunikationstechnik 1. TU Berlin.

¹⁸ Vgl. <http://www.schallwandler.de/hifi/glossar.htm>. 01.09.2006.

auf den Frequenzgang bzw. auf die Richtcharakteristik [des Lautsprechers] aus.“¹⁹ Um diesen Effekt zu reduzieren, ging man dazu über, die Membranen von der Mitte zum Rand hin dünner zu verarbeiten. Auch Nawi- (also nicht-abwickelbare) Membranen (Bild 4.2) erwiesen sich als ein adäquates Mittel, Partialschwingungen weitgehend zu vermeiden, da sie durch ihre spezielle Form mehr Steifigkeit besitzen.

5. Fazit

Es ist nicht nachteilig, einen Abriss der wichtigsten geschichtlichen Entwicklung zu kennen. Das ist hilfreich, um letztendlich nachvollziehen zu können, weshalb der dynamische Lautsprecher heutzutage diesen speziellen Aufbau aufweist.

Als Ausblick sei vermerkt, dass der Lautsprecher selbst natürlich nicht allein verantwortlich für Qualität oder „Nicht-Qualität“ der von ihm ausgehenden Schallübertragung ist. Ein weiteres Thema, das nahtlos an dieses anschließbar wäre, ist zweifelsohne die Rolle des Lautsprechers in seiner Interaktion mit diversen Gehäusebauweisen und die Klärung der physikalischen Grundlagen (Material, Abmessungen, Bauweisen) der Gehäuse. Allein für die Funktionsweise dynamischer Lautsprecher, wie sie in dieser Arbeit beschrieben wurden, wäre es thematisch zu weitreichend gewesen. Die Charakteristik eines Lautsprecherklanges lässt sich ohnehin nur im Feldversuch feststellen, denn Ohren und persönlicher Geschmack können nicht durch Worte ersetzt werden.

¹⁹ Dickreiter 1997, S.207.

Literaturverzeichnis

Beckmann, R.: Handbuch der PA-Technik, Grundlagen-Komponenten-Praxis (4.Auflage).
Elektor Verlag Aachen 1989.

Dickreiter, Michael: Handbuch der Tonstudioteknik (Band1, 6.Auflage).
K.G.Saur Verlag München1997.

Henle, Hubert: Das Tonstudio Handbuch (5.Auflage).
GC Carstensen Verlag München 2001.

Prof. Dr. Stefan Weinzierl: Script Kommunikationstechnik 1. TU Berlin.
WS 2004/2005.
(www.kgw.tu-berlin.de/lehre/lehrveranstaltungen/wise_05_06/kt1/KTIv8.pdf).
letzter Zugriff: 01.09.2006.

<http://www.schallwandler.de/hifi/glossar.htm>.
letzter Zugriff: 01.09.2006.

<http://de.wikipedia.org/wiki/Lautsprecher>.
letzter Zugriff: 01.09.2006.

<http://de.wikipedia.org/wiki/Telefon#Geschichte>.
letzter Zugriff: 01.09.2006.

Wörter: 3222

Abbildungsverzeichnis

- Abb. 2.1: http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:1876_Bell_Speaking_into_Telephone.jpg.
 letzter Zugriff: 01.09.2006.
- Abb. 2.2: <http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:Phonograph.jpg>.
 letzter Zugriff: 01.09.2006.
- Abb. 2.3: http://www.pytha.de/galerie/maxibilder_n/pyGallery_gramophon.jpg.
 letzter Zugriff: 01.09.2006.
- Abb. 2.4: <http://www.nhk.or.jp/museum/event/sp4.html>.
 letzter Zugriff: 01.09.2006.
- Abb. 3.1.1: Foto von Benny Eismann.
 vom 28.08.2006
- Abb. 3.1.2: Henle, Hubert: Das Tonstudio Handbuch (5.Auflage).
 GC Carstensen Verlag München 2001. S.380.
- Abb. 3.2.1: Foto von Benny Eismann.
 vom 28.08.2006.
- Abb.3.2.2: Henle, Hubert: Das Tonstudio Handbuch (5.Auflage).
 GC Carstensen Verlag München 2001. S.381.
- Abb.3.3.1: Henle, Hubert: Das Tonstudio Handbuch (5.Auflage).
 GC Carstensen Verlag München 2001. S.382.
- Abb.3.3.2: Beckmann, R.: Handbuch der PA-Technik, Grundlagen-Komponenten-
 Praxis (4.Auflage).
 Elektor Verlag Aachen 1989. S.119.
- Abb.4.1: <http://www.rockprojekt.de/Technik/lautsprecher.htm>.
 letzter Zugriff: 01.09.2006.
- Abb. 4.2: Henle, Hubert: Das Tonstudio Handbuch (5.Auflage).
 GC Carstensen Verlag München 2001. S.380.