

Flachlautsprecher - ein Überblick

Daniel Beer

Fraunhofer-Institut für Digitale Medientechnologie, 98693 Ilmenau, Deutschland, Email: beer@idmt.fhg.de

Einleitung

Flachlautsprecher zeichnen sich in erster Linie durch eine geringe Bautiefe aus. Dadurch lassen sie sich platzsparend, z.B. flach an einer Wand hängend, und unauffällig, z.B. integriert in Bilder oder Türen, in eine vorhandene Umgebung integrieren (DE 20007958 U1). Auf diese Weise kann eine normgerechte Lautsprecheraufstellung auch da gewahrt werden, wo für konventionelle Lautsprecher kein Platz ist. Gerade bei mehrkanalige Wiedergabeverfahren wie der Wellenfeldsynthese spielt dies eine entscheidende Rolle.

In dieser Arbeit werden unterschiedliche Funktionsprinzipien anhand ihrer Membranbewegung in die Gruppen: **Kolbenschwinger**, **Biegeschwinger**, **Transformationschwinger** und **Dickenschwinger** unterteilt. Der Aufbau und die Funktionsweise werden jeweils kurz vorgestellt. Anhand von Veröffentlichung bzw. Patenten wird versucht, die Prinzipientstehung zeitlich einzuordnen. Warum der Flachlautsprecher trotz geringer Abmessungen den konventionellen Lautsprecher bisher nicht ersetzt hat, wird abschließend angesprochen.

Kolbenschwinger

Lautsprecher nach dem Prinzip des Kolbenschwingers erzeugen durch eine - idealisiert betrachtet - kolbenförmige Membranbewegung Schall. Der von Hans Rieger 1923 zum Patent (DRP 410114) angemeldete **Blatthaller** ist ein Kolbenschwinger, dessen steife Plattenmembran mit einer mäanderförmig verteilten Schwingspule versehen ist. Entsprechend dem elektrodynamischen Prinzip erfährt die Membran durch die Leiterschleifenverteilung einen flächigen Kraftangriff und bewegt sich kolbenförmig vor und zurück (Abb.1).

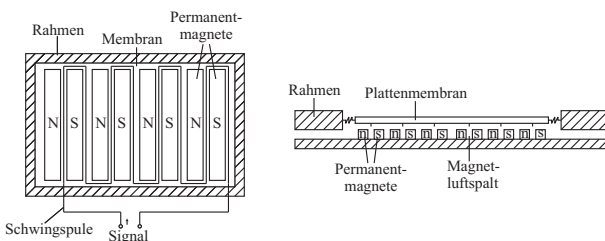


Abbildung 1: Das Prinzip des Blatthallers

Dem Blatthaller sehr ähnlich ist der **Magnetostat**. 1959 meldete G.C. Tibbetts einen Magnetostaten zum Patent an (US 3164686). Ob es sich bei früheren Anmeldungen, z.B. US 1537671, auch um Magnetostaten handelt, konnte nicht bestimmt werden. Statt einer Plattenmembran ist hier eine Folienmembran mit einer mäanderförmigen Leiterbahn versehen, die durch die beidseitig angebrachten Magnetsysteme infolge der wirkenden Lorentzkraft

ausgelenkt wird (Abb.2).

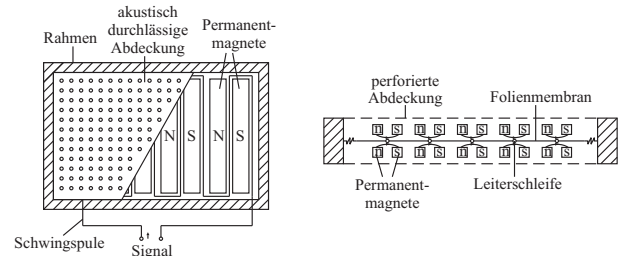


Abbildung 2: Das Prinzip des Magnetostaten

Ein weiterer Kolbenschwinger ist der **Elektrostat**. 1925 meldete Frederick W. Lee einen Elektrostaten an (US1622039), wobei das Funktionsprinzip bereits 1919 von Joseph Massolle und Joseph Engl (DRP 350437) für das Telefon eingesetzt wurde. Eine bewegliche Membranelektrode wird durch die Kraftwirkung auf Ladungen im elektrischen Feld zwischen zwei starren, schalldurchlässigen Gegenelektroden ausgelenkt und erzeugt somit Schall (Abb.3).

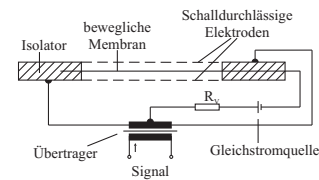


Abbildung 3: Das Prinzip des Elektrostaten

Auch das **Bändchen** kann als Kolbenschwinger betrachtet werden. 1924 meldete Erwin Gerlach seine Konstruktion aus einer zwischen den zwei Polen eines Magneten gespannten leitfähigen Membranfolie zum Patent (US1557356) an. Infolge des Stromflusses durch die Folie wirkt auf sie im Magnetfeld die Lorentzkraft, welche sie auslenkt (Abb.4).

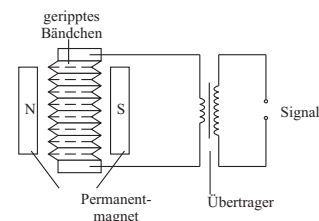


Abbildung 4: Das Prinzip des Bändchenlautsprechers [1]

Biegeschwinger

Der Biegeschwinger zeichnet sich dadurch aus, dass seine Membran Biegebewegungen zur Anregung von Luftschall

ausführt. Dazu wird üblicherweise eine ausreichend steife Plattenmembran mittels eines Schwingerregers derart angeregt, dass es innerhalb der Platte zur Entstehung und Ausbreitung von Körperschall in Form von Biegewellen kommt (Abb.5). Aufgrund der Körperschallreflexionen am Membranrand ist das Schwingungsverhalten von Resonanzen geprägt, die entweder geschickt eingesetzt oder aber durch Absorptionsmaßnahmen verhindert werden. Wilhelm Bauch meldete 1927 eine Schaufensterscheibe zum Patent (DRP465189C1) an, die durch einen Schwingerregger zu Biegeschwingungen angeregt wird und dadurch Luftschall abstrahlt.

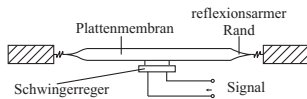


Abbildung 5: Das Prinzip des Biegeschwingers

Transformationsschwinger

Beim Transformationsschwinger findet zwischen der Membranbewegung und der daraus folgenden Luftbewegung eine Transformation statt. Auf diese Weise wird bei gleichem Membranhub mehr Luft verdrängt als bei direkt abstrahlenden Membranen. Der bekannteste Vertreter ist der **Air Motion Transformer** von Oskar Heil, den er 1969 zum Patent (US 3636278) anmeldete. Eine gefaltete dünne Folienmembran mit verteilten Leiterbahnen befindet sich im Magnetfeld zweier Permanentmagneten. Infolge der wirkenden Lorentzkraft kommt es zum Zusammenziehen bzw. Erweitern der jeweils benachbarten Membranfalten und damit zu Luftdruckschwankungen (Abb.6).

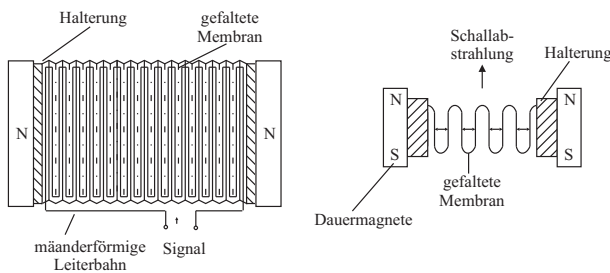


Abbildung 6: Das Prinzip des Air-Motion-Transformers

Neben dem Air Motion Transformer arbeiten auch einige Piezofolien-Lautsprecher (Polyvinylidenfluorid-Folie, kurz PVDF) mit der Luftverdrängung durch Faltenschließung und -öffnung. Trotz der geringen Längenänderung von Piezofolie kann so ausreichend Luft bewegt werden, um hörbaren Schall zu erzeugen [2].

Dickenschwinger

Der Dickenschwinger unterscheidet sich zu den vorhergehenden Prinzipien darin, dass die Schallanregung nicht durch das Bewegen einer Membran sondern durch das Ausdehnen und Zusammenziehen eines Körpers geschieht. Die bekannteste Umsetzung geschieht mit piezoelektrischen Materialien. Die zwischen zwei Elektroden

befindliche Piezokeramik erfährt entsprechend der angelegten Wechsellspannung eine Dickenänderung, was zur Anregung von Luftschall führt (Abb.7).

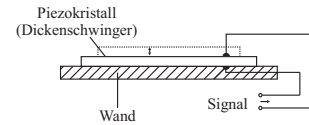


Abbildung 7: Das Prinzip des Dickenschwingers

Kombinierte Systeme

Nicht immer verhalten sich Flachlautsprecher nur entsprechend eines Prinzips. Zum Einen ist dies durch deren nichtlineares Verhalten und zum Anderen durch das bewußte Kombinieren mehrerer Prinzipien in einem Schallwandler begründet. So neigt z.B. der Kolbenschwinger aufgrund nichtlinearen Verhaltens zu Biegeschwingungen. Umgekehrt wird von einigen Herstellern der Biegeschwinger so konstruiert, dass er für bestimmte Wellenlängen als Kolbenschwinger arbeitet. Auch die gefaltete PVDF-Folie stellt eine Kombination aus Dickenschwinger und Transformationsschwinger dar.

Herausforderung

Trotz geringer Bautiefe konnten Flachlautsprecher bisher konventionelle **Vollbereichslautsprecher** nicht ersetzen. So ist z.B. die Membranauslenkung so gering, dass für die Schallwiedergabe von 100Hz-20kHz sehr große Membranflächen notwendig sind. Eine Membranvergrößerung bedingt in der Regel einen Massezuwachs, was Probleme bei der Hochtonwiedergabe verursachen kann. Ebenso ist ein größerer Antrieb erforderlich, welcher nicht bei allen Prinzipien realisierbar ist. Große Membranflächen bedingen jedoch eine verstärkt gerichtete Schallabstrahlung, die unter Umständen unerwünscht ist.

Dem gegenüber kommt der Vorteil einer geringen Bautiefe nur dann zur Geltung, wenn der Flachlautsprecher auch platzsparend z.B. direkt an der Wand montierbar ist. Aber gerade ein sehr geringer Abstand zwischen Lautsprechermembran und Raumwand bzw. Gehäuserückwand führt beim gehäuselosen Flachlautsprecher aufgrund der **Interferenz zwischen Schallanteilen beider Membranseiten** zusätzlich zum akustischen Kurzschluss zu kammfilterartigen Erscheinungen. Wird als Alternative ein Lautsprechergehäuse eingesetzt, sind wegen der **Federsteifigkeit des eingeschlossenen Luftvolumens**, unhandlich große Abmessungen notwendig.

Literatur

- [1] Veit, I.: Technische Akustik, 5 Auflage, Vogel Verlag & Druck GmbH & Co.KG, 1996
- [2] Ohaga, J.: Rectangular Loudspeaker by Tuck Shape PVDF Bimorph. 11th International Symposium on Electrets, 2002 IEEE