

Einsatz von Flächenlautsprechern nach dem Biegewellenprinzip in Kommunikationsterminals

Dr. Dieter Leckschat

SIEMENS AG, Abt. ICP CD TI 2, Frankenstrasse 2, D-46395 Bocholt
Tel.: 02871/91-2711 E-mail: dieter.leckschat@bch.siemens.de

Einleitung/Motivation

Die Telekommunikation steht vor dem Schritt in die dritte Mobilfunkgeneration. Die in dieser Generation verfügbaren höheren Datenübertragungsraten erlauben Anwendungen und Dienste, die mit heutigen GSM-Geräten nicht realisierbar sind, etwa Bildtelefonie und Zugriff auf multimediale Inhalte über das Internet. Zu den wirtschaftlich bedeutendsten Anwendungen gehören das Herunterladen von Musik und interaktive Spieleanwendungen, bei denen mehrere Spieler zugleich im Internet agieren. Der Trend zur Mobilität erfordert dennoch möglichst kleine und handliche Geräte, deren Front wohl weitgehend von einem Display überdeckt sein wird und wo kaum Platz für konventionelle Lautsprecher ausreichender Qualität vorhanden ist. Demzufolge sucht man nach innovativen Lösungen, um eine breitbandige Wiedergabe trotz sehr kompakter Abmessungen zu erreichen. In diesem Beitrag wird zu dieser technischen Herausforderung der Ansatz erörtert, die transparente Displayabdeckung als Biegewellenschwinger auszuführen und so eine nennenswerte schallabstrahlende Fläche insbesondere für die Tiefwiedergabe zu nutzen.

Anforderungen an den Schallsender

Es lassen sich als Ziel in etwa folgende Randbedingungen angeben:

- Pegel ca. 80 dB in 0.5m Abstand
- möglichst hohe Effizienz
- Frequenzbereich: "Multimediatauglich"
- Fläche < 6x4 cm
- Gewicht < 10g
- niedrigste Kosten

Beim Pegel ist wie stets zu beachten, daß im Normalfall mit Crestfaktoren um 12 dB gerechnet werden muß, so daß die durchschnittliche Leistung (und damit der Schallpegel) um ein 16-faches unter dem Spitzenwert liegt. Die Frequenzgangforderung kann vorsichtig so präzisiert werden, daß ein Bereich von 150 Hz bis 10 kHz abgedeckt werden sollte.

Grundlagen der Biegewellenwandler

Die Theorie der Biegewellenschwinger stellt eine mathematische Herausforderung dar. Selbst unter idealisierten Randbedingungen gilt es, eine Diffe-

rentialgleichung vierter Ordnung zu lösen, um die Schwingungsverteilung auf einer Platte zu berechnen [1]. In der Praxis hat man es aber weniger mit unendlich ausgedehnten Platten zu tun, sondern mit endlich großen Platten, die mit Einspannungen fixiert werden, welche sich mechanisch als kombinierte Feder-/Dämpfungselemente beschreiben lassen.

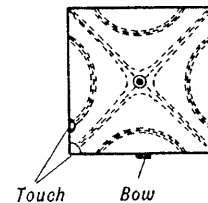


Abb. 1: Schwingungsknoten und -bäuche auf einer zu Biegeschwingungen angeregten Platte [2], nach Chladni 1787

Die Anregung zu Schwingungen kann durch einen sog. Exciter nach dem elektrodynamischen Prinzip geschehen, der im Betriebsfrequenzbereich als Inertialmasse arbeitet. Mit Hilfe eines vereinfachten elektromechanischen Ersatzschaltbilds (ESB) lassen sich die obere und untere Grenzfrequenz des Biegewellenschwingers abschätzen [3]. Die untere Grenzfrequenz wird demnach vor allem durch die Magnetmasse M_m bestimmt, die obere Grenzfrequenz durch die Masse der Schwingspule des Exciters M_c [3]. Die mechanische Impedanz der Platte ist unter der Annahme einer hohen Modendichte bemerkenswerterweise über einen großen Frequenzbereich reell.

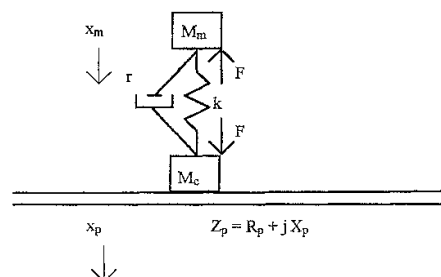


Abb. 2:

In [3] verwendete, vereinfachende mechanische Beschreibung des Systems Exciter - Panel

Die Berechnung des Schallfelds aus den mechanischen Parametern ist im Gegensatz zum Kolbenstrahler wiederum eine schwierige Aufgabe, weil sich die Fernfeldcharakteristik aus allen Anteilen der komplexen Schwingungsverteilung des Panels ergibt. Da eine einfache Überführung von mechanischen ESB in akustische ESB nicht möglich ist, erscheint hier die Anwendung der Boundary-Elemente-Methode (BEM) als vorteilhaft.

Als Folgerung ergibt sich, daß eine theoretische Beschreibung zwar für konzeptionelle Zwecke einsetzbar ist, aber für eine realitätsnahe Simulation praktischer Systeme zu ungenau wird.

Experimentelle Wandler

Auf der Grundlage der abschätzbaren Modenverteilung auf einer Plexiglasplatte von 1mm Stärke wurden einige Wandler aufgebaut, um das Erreichbare insbesondere bei begrenzter Flächenausdehnung zu evaluieren. Als elektrodynamischer Exciter wurden Vorserienwandler eines Lautsprecherherstellers eingesetzt. Neben freischwingenden Varianten (welche dipolartig abstrahlen) wurde der Einbau eines Biegewellenpanels mit den Abmessungen 10,5 x 6,5 cm mittels einer flexiblen Randeinspannung in ein flaches Gehäuse vorgenommen. Zum Vergleich wurde ein als kommerzielles Produkt erhältlicher "PC-Multimedia-Lautsprecher", der nach dem selben Prinzip arbeitet, ebenfalls untersucht.

Meßergebnisse

Die folgenden Abbildungen zeigen die in reflexionsarmer Umgebung gemessenen Eigenschaften der Biegewellenschwinger. Bei der Impulsantwort fällt als Charakteristikum auf, daß es nach dem ersten Impuls noch für etliche Millisekunden Schallanteile gibt, die durch innere Reflexionen in der Plexiglasplatte erklärt werden können (ein Effekt ähnlich einer Hallplatte).

Bei dem Amplitudenfrequenzgang ist ersichtlich, daß sich ein durchaus brauchbares Verhalten ergibt; die Kennempfindlichkeit liegt mit ca. 80 dB (1W/1m) ebenfalls in einem akzeptablen Bereich. Praktisch wird man einen solchen Wandler mit Verstärkerleistungen um 1 Watt betreiben. Der kommerzielle PC-Lautsprecher wies bei erheblich kleinerer Magnetmasse eine geringfügig niedrigere Kennempfindlichkeit auf.

Ergänzend kann berichtet werden, daß die mechanische Auslegung des Systems eine gewisse Sorgfalt erfordert, da sich sonst bei bestimmten Eigenmoden mit hohen Schwingamplituden schon bei recht geringen Pegeln unangenehme Verzerrungen ergeben.

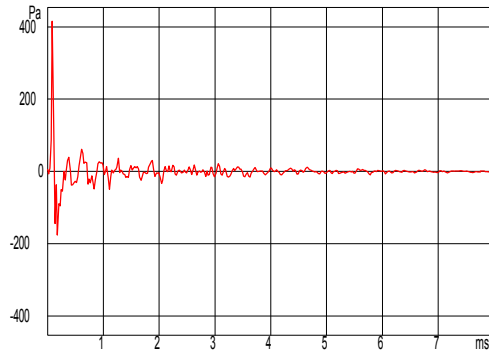


Abb. 3:
Impulsantwort des Plexiglas-Panels im Gehäuse

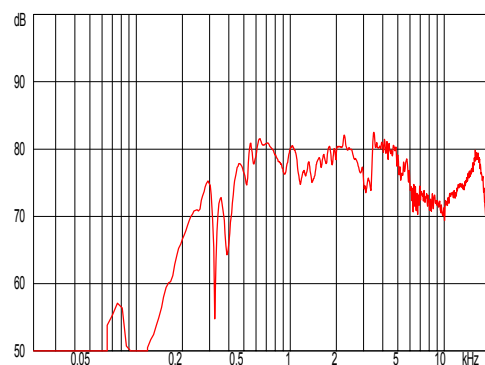


Abb. 4:
Amplitudenfrequenzgang des Panels im Gehäuse

Diskussion

Es konnte gezeigt werden, daß sich unter den Randbedingungen mobiler Kommunikationsgeräte flächenhafte Schallwandler konstruieren lassen, die den Anforderungen künftiger Multimedia-Anwendungen genügen.

Aus klanglicher Sicht beurteilt erzeugen die aufgebauten Prototypen ein zwar nicht verfärbungsfreies Klangbild, das aber hinsichtlich Ausgewogenheit, Bandbreite und Pegel dem Einsatzzweck voll gerecht wird.

Ausblickend kann die Frage nach der Möglichkeit stereophoner Wiedergabe aufgeworfen werden.

Literatur

- [1] M. Heckl
Taschenbuch der Technischen Akustik,
S. 13 ff
Springer Verlag, 2. Auflage 1994
- [2] M. Colloms
High performance Loudspeakers
Wiley Verlag, 5. Auflage 1997
- [3] N. Harris, M.O. Hawksford
"The Distributed-mode loudspeaker as a
broad-band acoustic radiator"
103rd AES Convention New York 1997,
Preprint #4526