

Experimente zur punktförmigen Schallquelle für Ortungsversuche

Rudolf Germer^{1,2,3}, Gerrit Brüggemann¹ und Ulf Prüter¹

¹ HTW- Berlin, E-Mail: rgermer@htw-berlin.de

² ITP, 12249 Berlin ³ TU- Berlin, E-Mail: germer@physik.tu-berlin.de

Einleitung

Für geplante Untersuchungen von Höreindrücken wurden Lautsprecher gebraucht, die den Schall zeitlich gut reproduzieren. Zwei Verfahren wurden getestet, die Anregung einer inhomogen Schall abstrahlenden Fläche und ineinander gespiegelte Schallquellen für unterschiedliche Frequenzbereiche.

Flächenstrahler

Die Impulstreue Schallabstrahlung erfordert eine Luftbewegung, die bei einem Rechteckimpuls quadratisch mit der Zeit zunimmt. Dies kann durch eine entsprechende nichtlineare Auslenkung einer Membran mit konstanter Fläche erfolgen, wie es Pfeid mit elektronischer Signalverzerrung erreicht [1], oder durch zeitlich variable Größe der Fläche, wie es Manger Lautsprecher [2] und Quad Elektrostaten (ESL 63, 1981)[3] realisieren. Auf Grund langjähriger Erfahrung entschieden wir uns, einen Flächenstrahler aus 19 Breitbandlautsprechern mit 13 cm Durchmesser angeordnet in zwei Kreisen (Abb. 1) mit Radien 11cm und 22 cm um die Mitte für Testzwecke zu bauen.

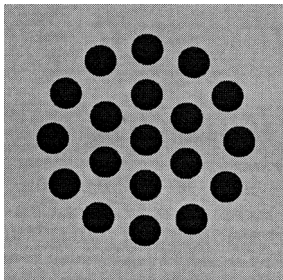


Abbildung 1: Anordnung der Lautsprecher auf der Schallwand des Flächenstrahlers. Sie werden von innen nach außen zeitlich verzögert und zu hohen Frequenzen hin begrenzt angesteuert.

Die Ansteuerung der Lautsprecher erfolgte in der Mitte mit einem Rechtecksignal, weiter außen verzögert um $t_1=312\mu\text{s}$ und $t_2=641\mu\text{s}$ und tiefpassbegrenzt bis 1,56 kHz und 780 Hz. Die Ansteuersignale zeigt Abb.2 links und die abgestrahlten Schallwellen für drei Winkel (0° , 45° , 90°) rechts. Der zeitliche Verlauf des Schalldrucks und die Amplituden sind praktisch winkelunabhängig, was zeigt, daß die Idee im Prinzip funktioniert.

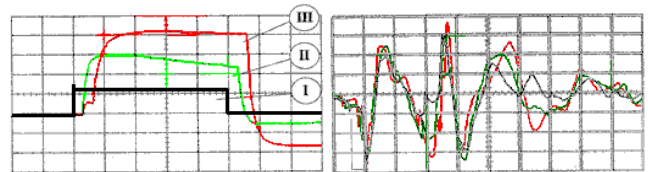


Abbildung 2: Links die Ansteuerung des Mittenlautsprechers I mit einem Rechteck und der Kreise darum II ($r=11\text{cm}$) und III ($r=22\text{cm}$) zeitlich verzögert und mit geringerer Flankensteilheit, 1ms/Einheit. Rechts der zeitliche Schalldruckverlauf unter 0° rot, 45° grün und 90° schwarz, 2ms/Einheit

Gespiegelte Schallquellen

Die Verteilung des Signals auf verschiedene Lautsprecher in einem Mehrwegesystem führt meist zwangsläufig dazu, daß die Schallanteile unter verschiedenen Winkeln betrachtet zeitlich versetzt gegeneinander auftreten. Koaxiale Lautsprecher sind ein Versuch, dieses Problem zu umgehen, mit der Schwierigkeit, daß die den zentralen Hochtöner umgebene Membran mit tiefen Frequenzen schwingt und daher die hohen Töne gegebenenfalls moduliert. Aus diesem Grunde haben wir versucht, den Schall verschiedener Quellen über Reflexionen ineinander zu spiegeln. In Abb. 3 strahlt der Hochtöner von oben auf eine streuende/spiegelnde gewölbte Oberfläche eines Reflektors, der im Schallweg des Tiefmitteltöners liegt. Die beste Bauform des Reflektors war eine harte 1/8 Kugelschale innen mit Filz gedämpft. Der Abstand des Hochtöners war variabel für die zeitliche Anpassung der Signale.

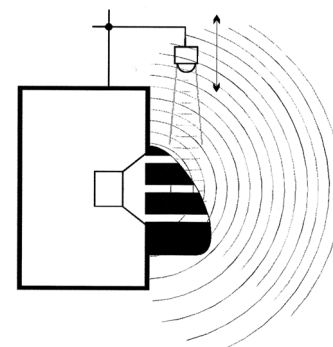


Abbildung 3: Lautsprecher mit Reflektor für hohe Töne vor dem Tiefmitteltöner im Gehäuse und Hochtöner von oben strahlend in variablem Abstand.

Abb. 4 zeigt eine Möglichkeit, die Signale der beiden Frequenzbereiche aufeinander abzustimmen.

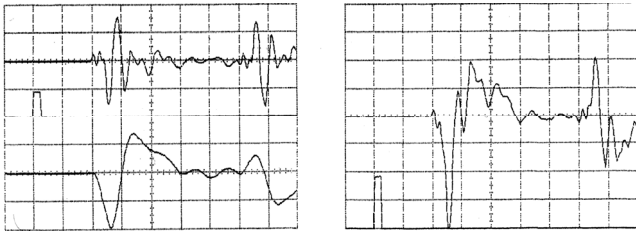


Abbildung 4: Schalldruckantwort auf ein 5ms Rechtecksignal, links oben der Hochtöner, darunter der Tiefmitteltöner, rechts das Summensignal, 1 ms/Einheit

Ein nach diesem Prinzip aufgebauter Dreiweg- Lautsprecher war klanglich durchaus erfreulich, im Rundstrahlverhalten allerdings nicht für unsere geplanten Messungen geeignet [5],[6].



Abbildung 5: Ein für die Musikwiedergabe geeignetes 3+1 Wege-System mit ineinander gespiegelten Schallquellen

Der Meßlautsprecher

Die endgültige Konstruktion des Meßlautsprechers wurde als „abgemagerter“ Flächenlautsprecher in D’Appolito Anordnung konzipiert : ein Hornlautsprecher Visaton DHT9 mit selbstgeschliffenem Horn anstatt des originalen in der Mitte, zwei Lautsprecher (eff.Radius 55mm, Alcone AC 5.25HE-S) mit 95mm Abstand davon zum Zeitausgleich um 100mm mit einem 45° Pyramidenstumpf nach vorne versetzt und zwei Lautsprecher (eff.Radius 105mm, Alcone AC 10HE) im Abstand 425mm von der Mitte in geschlossenen Gehäusen mit $Q=0,5$, Abb.6 links. Die Impulsantwort (Abb.6 rechts) entspricht unseren Vorstellungen. Der Frequenzgang ist im Bereich von 100 Hz bis 18 kHz auf ± 2 dB linear, auch die Phase zeigt keine Auffälligkeiten. Das Zerfallsspektrum (Abb.7) ist ebenfalls optimal. Erste Versuche mit einer Standard - Stereoanordnung zeigen bei mehreren Tonbeispielen ein eigenartiges Ortungsverhalten einiger Testpersonen in einem Abhörraum mit wenigen schnell auf die Wellenfronten folgenden Reflexionen : Als Schallpositionen werden entweder die Lautsprecher oder genau die Mitte dazwischen lokalisiert. Bei Auswertung der ersten Wellenfront macht dies Sinn, nur wenn sie gleichzeitig an beide Ohren trifft, wird exakt die Mitte empfunden, ansonsten die zuerst ankommende Seitenposition. Weitere Untersuchungen sind hier erforderlich, der Effekt verschwindet jedenfalls mit

zusätzlichen kurz nach dem originalen Signal gehörten Reflexionen z. B. von einer flachen Decke.

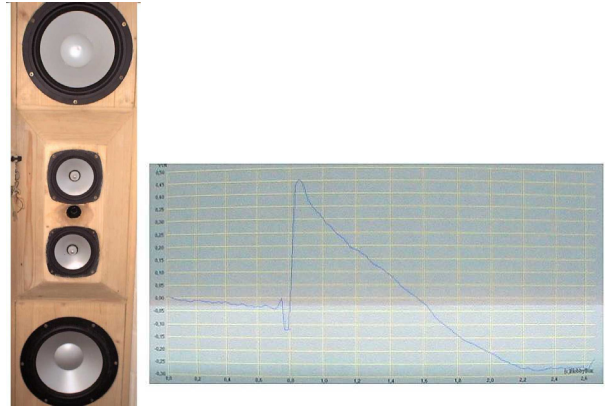


Abbildung 6: Schallwand des Meßlautsprechers und 2,6ms seiner Impulsantwort, 0,2 ms/Einheit

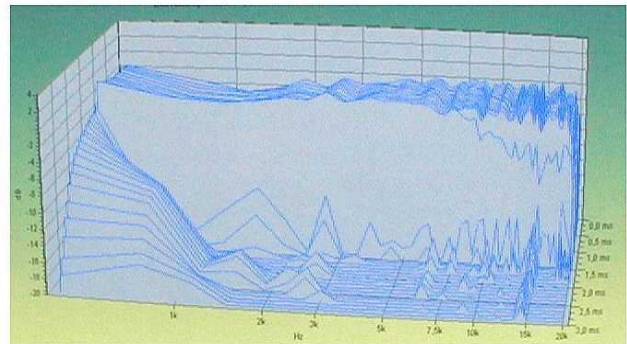


Abbildung 7: Zerfallsspektrum des Meßlautsprechers 0-3ms, der Anregungsimpuls war bei 1 ms.

Zusammenfassung

Ein Meßlautsprecher mit sehr guter Impulstreue wurde konstruiert. Ortungsversuche damit verliefen unerwartet und machen weitere Untersuchungen nötig.

Literatur

- [1] Tiefenthaler P.: Der Ring des Kolumbus. Elektronik 17 (1987), 86-92
- [2] Obermayr K., Roske E.: Lautsprecher mit ebener Membranscheibe. Funkschau 1(1978), 61-66; 3/ 58-64
- [3] Streng J.H.: Sound radiation from a vibrating membrane. Philips Tech.Rev.44 no.6(1988), 190-199
- [4] Kiekebusch R. & Germer R.: Dreiweg-Lautsprecherboxen müssen nicht teuer sein-Vorschläge für richtige Kombination. radio mentor electronic44(1978),477-479
- [5] Germer R.: Auf dem Weg zum idealen Lautsprecher. FHTW-Magazin (1999)
- [6] Germer R.: Lautsprecher und Ortung von Schallsignalen. FHTW-Magazin (2000)