

19 (1992) Neue Forschungsergebnisse, kurz gefaßt

Fraunhofer-Institut für Bauphysik

L. Krawczack

Computergestützte Modellmeßtechnik in der Raumakustik

1. Einführung

Neben der Schallfeldsimulation mit Hilfe von Computern stellt die Modellmeßtechnik eine wesentlich ältere und auch detailtreuere Planungshilfe bei der Bearbeitung raumakustischer Problemstellungen dar [1, 2]. Gegenstand dieser Mitteilung sollen die speziellen rechentechnischen Verfahren zur Erfassung, Weiterverarbeitung und Auswertung der durch die Modellmeßtechnik gewonnenen Meßwerte sein.

Der Grundgedanke des Verfahrens besteht darin, die durch den Modellkunstkopf (Maßstab 1:20) binaural aufgenommenen Impulsantworten sofort in digitale Signale umzuwandeln und abzuspeichern. Anschließend erfolgt deren Weiterverarbeitung; dabei werden alle gewünschten Ergebnisse im Computer berechnet. Da die Ausgangssignale beliebig lange gespeichert bleiben können, läßt sich eine Auswertung nach verschiedensten Gesichtspunkten durchführen, ohne daß der Modellraum erneut angeregt werden muß.

2. Ablauf des Meßvorganges

1. Anregung des Modellraumes durch einen Impuls (Knallfunken).
2. Aufnahme der Raumimpulsantwort durch einen Modellkunstkopf (binaural, also zweikanalig).
3. Analoge Verstärkung des zweikanaligen Signals.
4. Aufnahme der Daten durch die Sample&Hold-Einheit eines Transientenrecorders. Abtastrate max. $2 \cdot 500$ kHz, d.h. Abtastintervall $2 \mu\text{s}$. Anti-Aliasing-Filterung.
5. Sofortige Darstellung beider Impulsantworten (Schalldrücke p_R und p_L) auf dem Bildschirm des PC zur qualitativen Beurteilung.
6. Berechnung der ohrträgheits-bewerteten Energie W_{T0} in sehr kurzer Zeit (nahezu Echtzeit).
7. Qualitative Beurteilung der grafischen Darstellung der ohrträgheits-bewerteten Energie. Entscheidung über Weiterverarbeitung der Signale.
8. Zeittransformation der aus dem Modell stammenden Signale in den Originalbereich (Faktor 20).
9. FFT der Schalldruck-Impulsantworten ohne Reduzie-

rung der Abtastrate und anschließende Korrektur der Frequenzkurve des Modellkunstkopfes.

10. Multiplikation mit der jeweils gewünschten Filterkurve im Frequenzbereich (Oktaven oder Terzen, Sprache oder Musik, Instrumentengruppen).
11. IFFT des gefilterten Signals.
12. Echtzeitkompensation der durch die Modellfrequenzen zusätzlich hervorgerufenen Luftschalldämpfung am gefilterten Signal mittels einer zeitabhängigen Verstärkung.
13. Darstellung und qualitative Auswertung des fertig berechneten Signals.
14. Berechnung der Kriterien (z.B. nach [3]):
Bei Anregung durch Sprecher (Keulenstrahler):
- Deutlichkeitsmaß C_{50}
- Anfangsnachhallzeiten T_{10} , T_{15} , T_{20} .
Bei Anregung durch Musik (Kugelstrahler):
- Hallmaß H
- Klarheitsmaß C_{80}
- Anfangsnachhallzeiten T_{10} , T_{15} , T_{20} .
15. Quadrierung und Logarithmierung des gefilterten Signals zur Ermittlung der Nachhallzeit aus dem Anstieg der Nachhallgeraden.

Aus dem Erscheinungsbild der Impulsantworten kann in der Regel sofort auf wichtige Eigenschaften des Raumes

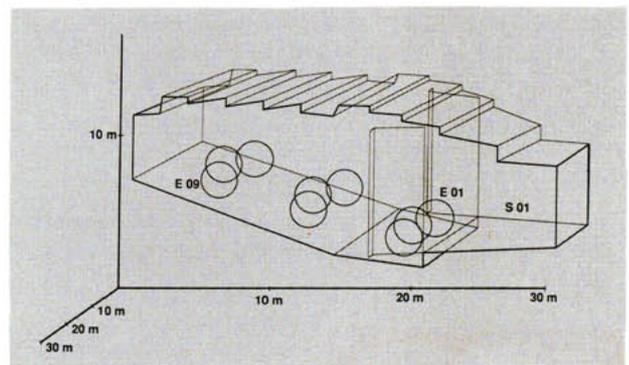


Bild 1: Saalmodell mit den Plätzen E 01, E 09 im vorderen und hinteren Parkett

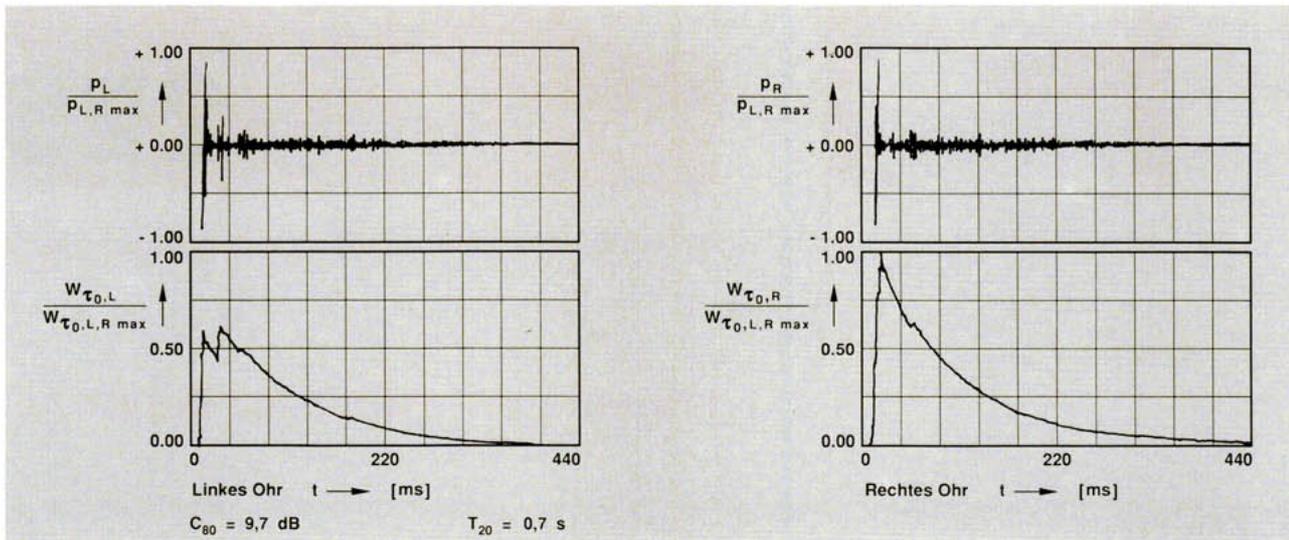


Bild 2: Impulsantwort im vorderen Parkettbereich (Platz E 01) bei 1000 Hz

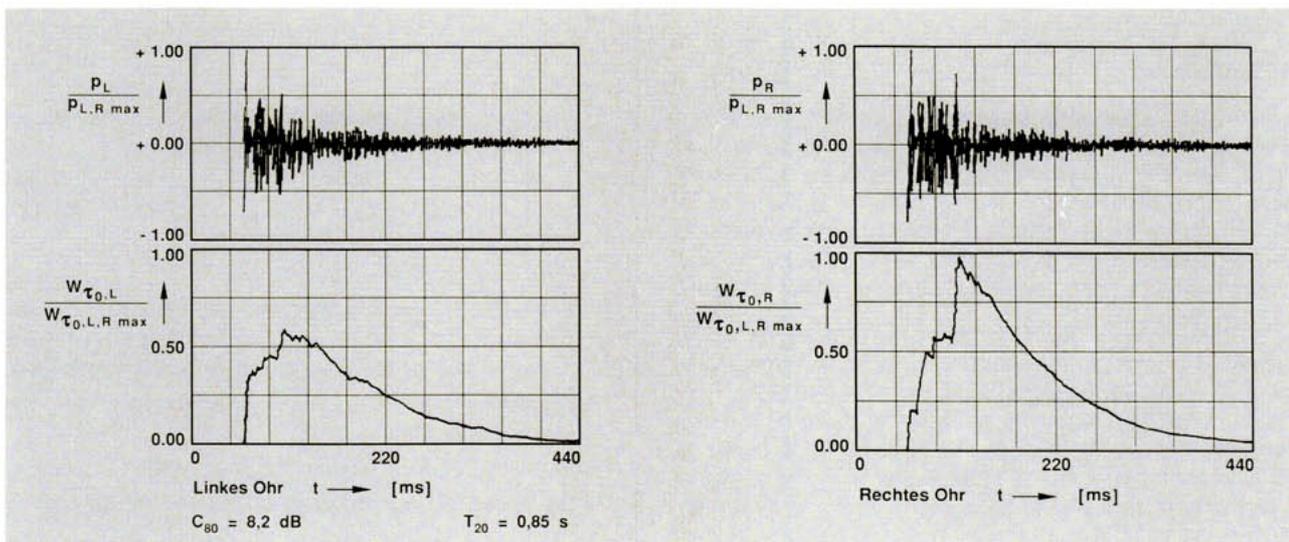


Bild 3: Impulsantwort im hinteren Parkettbereich (Platz E 09) bei 1000 Hz

geschlossen werden, wie z. B. frühe Reflexionen, Echos usw. Diese werden zusätzlich durch die berechneten Kriterien belegt.

3. Meßbeispiele

Am Beispiel eines Saalmodells (Bild 1) zeigt Bild 2 die binaurale Schalldruck-Impulsantwort bei 1000 Hz und die ohrträgheits-bewertete Energie für einen Platz (E 01) im vorderen Parkett. Bild 3 zeigt die entsprechenden Ergebnisse für einen Platz (E 09) im hinteren Parkettbereich. Man erkennt deutlich den Einfluß der Decken- und Seitenwandreflexionen auf die hinteren Plätze.

4. Zusammenfassung und Ausblick

Durch Einführung einer computergestützten Meßwerterfassung wurde die vorhandene Modellmeßtechnik moderni-

siert. Gleichzeitig eröffnen sich neue Möglichkeiten durch Berechnung weiterer interessanter raumakustischer Kriterien wie z.B. Seitenschallgrad, Raumeindruck, Schwerpunktzeit sowie durch Hörbarmachung der Ergebnisse (Faltung mit nachhallfreier Musik).

Literatur

- [1] Tennhardt, H.-P.: Anwendung einer modernen Modellmeßtechnik bei der raumakustischen Projektierung großer Konzertsäle. Berichte der 24. Konferenz ETAN, Nis (Jugoslawien) (1985), S. 3 - 16
- [2] Krawczack, L.: Raumakustische Computersimulation im Vergleich mit Modellmeßtechnik, DAGA 1992, Berlin
- [3] Fasold, W.; Kraak, W.; Schirmer, W.: Taschenbuch Akustik. Verlag Technik, Berlin, Teil 2 (1984), S. 1191-1208



FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR BAUPHYSIK
 Leiter: o.Prof. Dr. Dr. h.c. Karl Gertis
 7000 Stuttgart 80, Nobelstraße 12, Tel.(0711)970-00
 8150 Holzkirchen, Postfach 1180, Tel. (08024)643-0
 O-1092 Berlin, Plauener Str. 163-165, Tel. (030)9783-3115

Herstellung und Druck:
 SDSC, Informationszentrum RAUM und BAU
 der Fraunhofer-Gesellschaft, Stuttgart
 Nachdruck nur mit schriftlicher Genehmigung des
 Fraunhofer-Instituts für Bauphysik