

W. Fasold, G. Schupp, U. Stephenson

## Modellmessungen und Rechnersimulationen als Entscheidungsgrundlage für raumakustische Verbesserungen am Plenarsaal des Deutschen Bundestages

### 1. Aufgabenstellung und Ausgangssituation

Zur Untersuchung der Ursachen, die im November 1992 nach Inbetriebnahme des neuen Plenarsaales in Bonn zu akustischen Problemen führten [1] [2] [3] und zur Erarbeitung von Verbesserungsmaßnahmen hatte die Bundesbaudirektion u.a. das Fraunhofer-Institut für Bauphysik für die raumakustischen Belange hinzugezogen. Mit Modellmeßmethoden und Rechnersimulationsverfahren wurden wirksame Verbesserungen vorbereitet und optimiert.

Als akustisches Hauptproblem hatte sich die bereits bei niedrigen Pegeln einsetzende Mitkopplung der elektroakustischen Anlage erwiesen. Das ermöglichte für Sprecher in Saalmitte (u.a. am Präsidentenplatz und am Rednerpult) keine genügende Lautstärke und damit auch keine ausreichende Verständlichkeit. Es zeigte sich, daß Probleme mit der für hohe technische Anforderungen (richtungstreue Ortung) entworfenen, neuartigen elektroakustischen Anlage im Zusammenwirken mit den fokussierenden Eigenschaften der Kreisform des Saales im Plenarbereich hierfür die Gründe waren. Eine wesentliche Verbesserung der Anlage bestand in einer stärkeren Konzentration der Schallabstrahlung auf die absorbierenden Gestühlflächen. Es entstanden die auf Bild 1 erkennbaren kompakten Lautsprecherampeln (Zentralampel und 6 Satellitenampeln). Zumindest für mittlere und tiefe Frequenzen war dennoch mit einem Auftreffen von Schallstrahlen auf die Wände des Saales zu rechnen. Diese werden mit Ausnahme der Adlerwand fast ausschließlich aus großen, glatten Glasflächen gebildet, die als Schallreflektoren wirken. Der aus Kreisabschnitten gebildete Grundriß in der unteren Saalebene (Plenarbereich) hatte daher starke Fokussierungen lang verzögerter, die Verständlichkeit mindernder Reflexionen zur Folge. Besonders für Mikrofone in Saalmitte erhöhte das die Gefahr von Mitkopplungen. In der oberen Saalebene (Tribünenbereich) bewirkten große senkrecht und parallel stehende Wandflächen ebenfalls lang verzögerte Reflexionen. Daher waren raumakustische Maßnahmen erforderlich. Die optische Transparenz sollte dabei erhalten bleiben, so daß übliche poröse Schallabsorber nur begrenzt (u.a. für Adlerwand, Gehflächen, Decke, Tribünenunterseiten) eingesetzt werden konnten.



Bild 1: Der Plenarsaal des Deutschen Bundestages in Bonn; Blick zur Adlerwand; Plenarbereich mit 760 Plätzen; eine Mitteltribüne und zwei Seitentribünen mit etwa 500 Plätzen

### 2. Modelluntersuchungen

In dem im Maßstab 1 : 20 verkleinerten Saalmodell bestanden die gläsernen Wandflächen aus Plexiglas und wirkten wie im Original gerichtet reflektierend. Alle schallabsorbierenden Flächen einschließlich der Sitzbereiche wurden mit porösen Stoffen belegt, die bei den Modellfrequenzen vergleichbare Absorptionseigenschaften aufwiesen. Als Schallquelle diente ein Knallfunkensender (Impulsschalltest) mit annähernd kugelförmiger Richtcharakteristik, als Empfänger ein 1/4"-Mikrofon. Die Untersuchungen beschränkten sich im wesentlichen auf die Abstrahlung von der Zentralampel und auf einen Modellfrequenzbereich um 20 kHz (Original: 1 kHz; Oktavbandbreite) [4].

Im ursprünglichen Saalzustand zeigten die gemessenen Impulsantworten erwartungsgemäß auf den meisten Plätzen eine Reihe kräftiger, lang verzögerter Reflexionen (Echos). Das gesamte Saalmodell wurde dann schallabsorbierend ausgekleidet. Durch Entfernen der Absorber jeweils von Teilflächen konnten deren Beiträge zu den Reflexionsfolgen identifiziert und bewertet werden.

Als Beispiel zeigt Bild 2 eine Reihe stark verzögerter Rückwürfe. Besonders energiereiche, etwa 300 ms nach dem Direktschall eintreffende Reflexionen kamen über die Rückwand hinter der Mitteltribüne zustande. Diese Reflexionsfläche wurde durch Vorsetzen geneigter Glasplatten, die Reflexionen zur absorbierenden Decke lenken, unwirksam gemacht.

Weitere Modellversuche dienten der Bemessung und Ausrichtung von Flächen, die vor Wänden im Plenarbereich zur Reflexionslenkung angeordnet werden sollten, um Fokussierungen zu verhindern. Für die besonders kritischen unteren Wandbereiche neben der Adlerwand erwiesen sich 1,5 m x 1,5 m große, zur absorbierenden Decke lenkende Reflektoren als geeignet. Im Saal wurden diese durch entsprechende Glasplatten realisiert [3] [5].

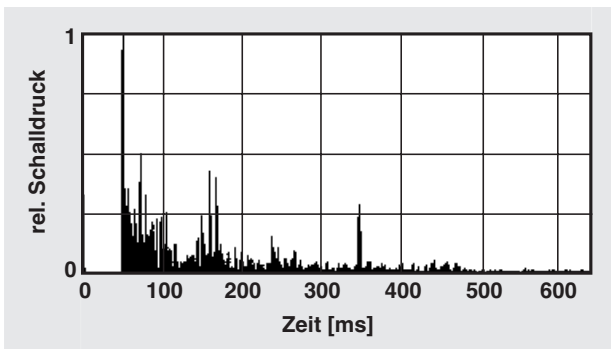


Bild 2: Im Modell gemessene Impulsantworten auf einer Seitentribüne (Ausgangszustand)

### 3. Rechnersimulationen

Die durchgeführten Rechnersimulationen basieren auf der Schallteilchenmethode (SOPRAN [6]). Der Simulation lagen drei Raummodelle zunehmend besserer Näherung zugrunde. Zu Vorstudien diente ein 48eckiger, nahezu zylinderförmiger Raum. Das genaueste Modell hatte 205 Teilflächen. Es wurden wichtige Informationen sowohl grundsätzlicher Art zur Akustik des Kreisraumes als auch zu Detailfragen etwa von Größe, Neigung und Anbringungsort von Reflektoren gewonnen [7].

Rechnersimulationen dienten u.a. der Abschätzung, ob und wie sich die fokussierende Wirkung der raumakustisch kritischen Kreisform durch Absorber, Reflektoren oder Diffusoren vor den gläsernen Seitenwänden im Plenarbereich beeinflussen läßt. Auswirkungen solcher Fokussierungen lassen sich anhand der Verteilung der Deutlichkeitsgrade [4], der wichtigsten Zielgröße der Simulationen, besonders gut bewerten (siehe Bild 3). Die Ergebnisse machten deutlich, daß die von den Seitenwänden hervorgerufene Fokussierung besser mit Reflexionslenkungen als mit Diffusoren vermindert werden kann. Nach Untersuchung verschiedener Varianten wurden vor den Seitenwänden gläserne Reflektoren eingebaut, die eine Lenkung der Rückwürfe zu den hinteren absorbierenden Sitzreihen bewirken. An den Türen selbst, wo Reflektoren keinen Platz hatten, und vor den Technikablen unter der Mitteltribüne kamen am

Fraunhofer-Institut für Bauphysik neu entwickelte Schallabsorber aus mikroperforierten Acrylglasplatten zum Einsatz, mit denen die gewünschte optische Transparenz erhalten bleibt [8].

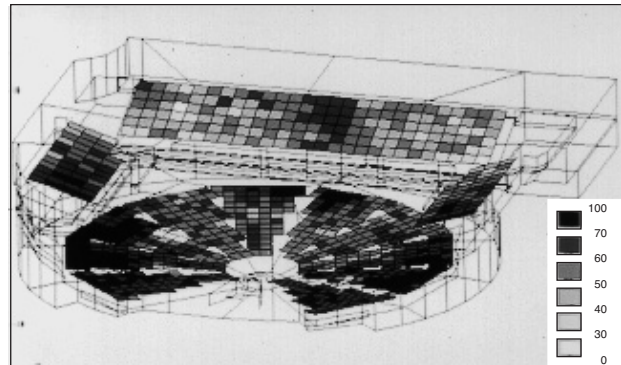


Bild 3: Bildschirmaufnahme der Verteilung des Deutlichkeitsgrades aus einer Rechnersimulation (Programm SOPRAN). Saal mit raumakustischen Verbesserungen. (Zunehmende Schwärzung bedeutet wachsende Deutlichkeit; auf dem Bildschirm Farbcodierung)

### 4. Schlußbemerkung

Inzwischen hat es sich durch den seit Oktober 1993 wieder laufenden Parlamentsbetrieb erwiesen, daß die dargestellten raumakustischen Maßnahmen im Zusammenwirken mit anderen, hier nicht näher erläuterten akustischen Verbesserungen, eine einwandfreie Funktion sichern. Die Modellmessungen und Rechnersimulationen haben dafür eine hohe Planungssicherheit gewährleistet.

### 5. Literatur

- [1] Fasold, W.: Raumakustische Maßnahmen für den Plenarsaal des Deutschen Bundestages. Bautechnik 70 (1993), H.12, S. 757-759
- [2] Graner, H.; Gräf, U.; Graner, B.; Kubanek, G.: Der Plenarsaal in Bonn. Berichte DAGA-Tagung 1994, Teil B, S. 297-300
- [3] Müller, H.A.; Plenge, G.: Bonner Plenarsaal des Deutschen Bundestages. Akustische Probleme und ihre Lösung. VDI-Berichte Nr. 1121 (1994), S. 105-127
- [4] Fasold, W.; Stephenson, U.: Gute Akustik von Auditorien. Planung mittels Rechnersimulation und Modellmeßtechnik. Bauphysik 15 (1993), H.2, S. 40-49
- [5] Behnisch und Partner: Plenarbereich des Deutschen Bundestages in Bonn. Glasforum 43 (1993), H.6, S. 11-23
- [6] Stephenson, U.: Vom Konzertsaal bis zur Fabrikhalle - Das raumakustische Simulationsprogramm SOPRAN. TAB-Technik am Bau 25 (1994), H.2, S. 25-27
- [7] Stephenson, U.: Zur Raumakustik großer kreisförmiger Räume am Beispiel des Plenarsaals des Deutschen Bundestages. Deutsche Bauzeitschrift (DBZ), 42 (1994) H.5, S. 113-124
- [8] Fuchs, H.; Zha, X.: Transparente Schallabsorber verbessern die Raumakustik des gläsernen Plenarsaales im Bundestag. Glasforum 43 (1993), H.6, S. 37-42



**Fraunhofer** Institut  
Bauphysik

## FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR BAUPHYSIK (IBP)

Leiter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. mult. Dr. E.h. mult. Karl Gertis  
D-70569 Stuttgart, Nobelstr. 12 (Postfach 80 04 69, 70504 Stuttgart), Tel. 07 11/9 70-00  
D-83626 Valley, Fraunhoferstr. 10 (Postfach 11 52, 83601 Holzkirchen), Tel. 0 80 24/6 43-0