

## Der Kuppelsaal – eine Aufgabe für die raumakustische Modellmesstechnik Teil 2: Messergebnisse

Thomas Behr, Hans-Peter Tennhardt, Dr. Helgo Winkler

Institut für Erhaltung und Modernisierung von Bauwerken e.V. an der TU Berlin (IEMB e.V.),  
D-10587 Berlin, Email: behr@iemb.de

### Einleitung

Die Kongresshalle am Alexanderplatz im Gebäudekomplex „Haus des Lehrers“ ist aufgrund der Primärstruktur (Zylinderform mit aufgesetzter Kuppel – siehe [1]) eine raumakustische Herausforderung. Die Probleme bei Darbietungen vom seitlichen Podium wurden mit Hilfe der Modellmesstechnik während der Planung zur Errichtung des Gebäudes bis 1965 gelöst.

Im Zuge der Sanierung des denkmalgeschützten Gebäudes bestand die Anforderung, den mittleren Saalbereich unter dem Kuppelzenit als zusätzliche Darbietungszone zu qualifizieren. Im folgenden werden die Grundproblematik und die Lösung anhand von Messergebnissen (Schallintensitäts-Zeitverläufe der binauralen, kopfbezogenen Raumimpulsantworten –  $E_{T0}$ -Reflektogramme) im Originalraum und am physikalischen Modell dargestellt.

### Darbietung vom Mittelpodium

#### Problematik

Im Raum ohne Reflexionsringe tritt bei Darbietungen in der Saalmitte für Zuhörer in der Nähe der Schallquelle ein zwischen der konkaven Kuppelfläche und dem Fußboden pendelndes starkes Flatterecho auf, das die Nutzung des Raumes in dieser Konstellation unmöglich macht (s. Abb.1).

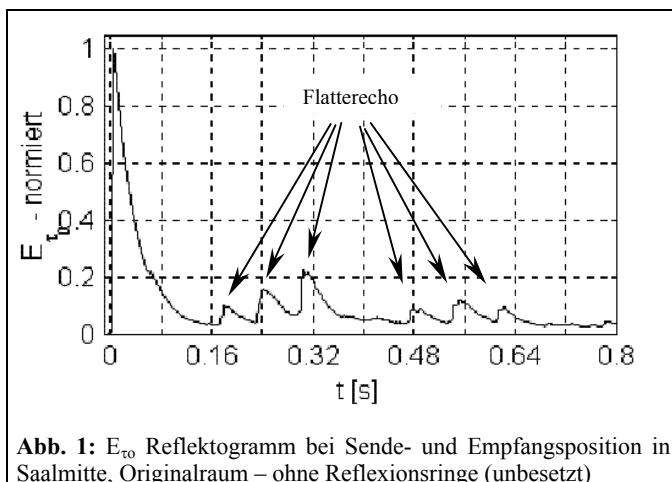


Abb. 1:  $E_{T0}$  Reflektogramm bei Sende- und Empfangsposition in Saalmitte, Originalraum – ohne Reflexionsringe (unbesetzt)

Die raumakustischen Maßnahmen bezüglich der Sekundärstruktur des Raumes bezogen sich ausschließlich auf das ursprüngliche Nutzungskonzept (1964) für Darbietungen von einer Podiumsfläche in Randlage. Bei der aktuellen (2004) erweiterten Nutzung durch Sende- und Empfangspositionen in der Nähe des Saalmittelpunktes tritt dieser ausgeprägte Flatterechoeffekt u.a. auch durch die vier räumlich angeordneten Reflexionsringe nur noch in einem begrenzten Bereich direkt unter dem Kuppelzenit auf. Darüber hinaus

kommt es zu einzelnen markanten Schallreflexionsgruppen über die Kuppel, das „Schmuckband“ und die Kuppel in Verbindung mit der Regiefensterenebene (s. Abb. 2), die diese Konstellation akustisch unbrauchbar machen.

Bei Schallquellenstandorten auf dem Mittelpodium können notwendige Anfangsschallreflexionen auch im angrenzenden Zuhörerbereich wegen der weit entfernten Wandflächen ausschließlich von oben, aus Richtung der Kuppel kommen.

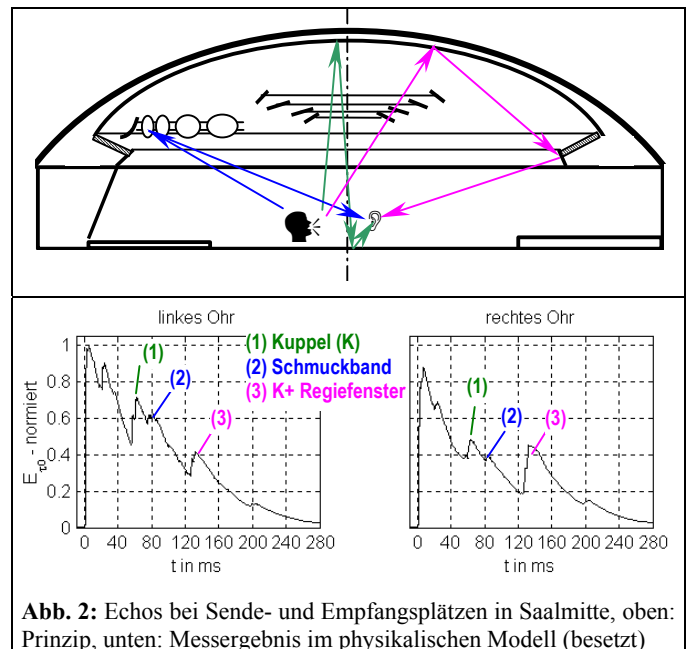


Abb. 2: Echos bei Sende- und Empfangsplätzen in Saalmitte, oben: Prinzip, unten: Messergebnis im physikalischen Modell (besetzt)

Die Aufgabe bestand also in der Beseitigung der störenden Echos und in der Verbesserung der Hörverhältnisse auf dem Mittelpodium sowie in den angrenzenden Zuhörerbereichen.

#### Lösung

Eine breitbandig absorbierende Gestaltung der gesamten Kuppel würde einerseits zwar die Echos mindern, andererseits die Nachhallzeit aber unzulässig stark auf etwa 0,7 s bei mittleren Frequenzen (besetzt) verringern und die Übereinstimmung der optischen und akustischen Wahrnehmung des Raumes zerstören. Das Lösungskonzept (s. Abb. 3) sah dementsprechend vor:

- Minimierung der zusätzlich erforderlichen absorbierenden Fläche auf das unbedingt erforderliche Maß zur Vermeidung einer unzulässigen Verkürzung der Nachhallzeit,
- Verringerung der Anregung der Echomechanismen durch eine breitbandig absorbierende Fläche im Kuppelzenit,
- Schaffung energiereicher Anfangsreflexionen auf dem Podium und im angrenzenden Zuhörerbereich,

- Beseitigung der störenden Wirkung der genannten Reflexionsgruppen durch zusätzliche Reflexionen etwa (40 .. 100) ms nach dem Direktschall, die die zeitliche und energetische „Lücke“ ausfüllen.

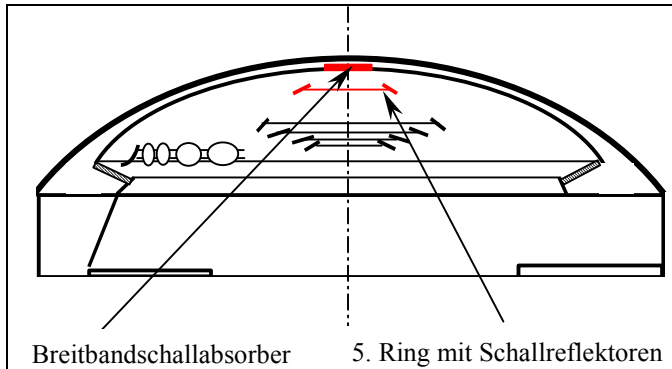


Abb. 3: zusätzliche Maßnahmen für Darbietung vom Mittelpodium

Die alleinige schallabsorbierende Gestaltung der Fläche im Zenit mit einem Durchmesser von 7 m ist ausreichend um die störenden Echos deutlich zu verringern (s. Abb. 4). Die Nachhallzeit wird von dem zusätzlichen Absorber nicht verkürzt. Auf podiumsnahen Zuhörerplätzen fehlen dann jedoch deutlichkeitserhöhende Anfangsreflexionen, die ursprünglich aus dem Kuppelzenit kamen.

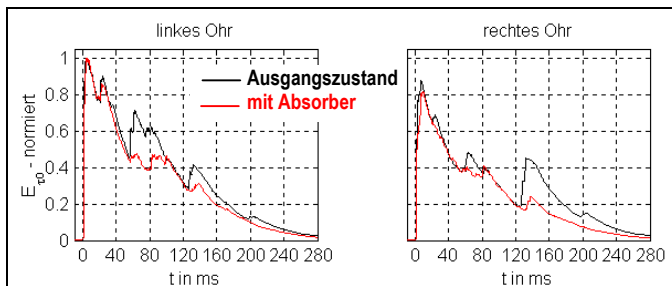


Abb. 4: Wirkung der absorbierenden Gestaltung des Kuppelzenits für Sende- und Empfangsplätze auf dem Mittelpodium, Messergebnis im physikalischen Modell (besetzt)

Die zusätzlich erforderlichen Reflexionen konnten durch Abhängung eines fünften Reflexionsringes in der Kuppel oberhalb der bestehenden vier Ringe (H: 10,8 m, Durchmesser 7 m, Größe der Einzelpfands: 1,2 m x 1,6 m, Neigung zur Horizontalen 20° nach unten (Flächennormale Richtung Saalmitte)) geschaffen werden. Höhe, Abmessung und Neigung des neuen Reflexionsringes wurden so gewählt, dass

- die Reflexionen wie gewünscht sowohl deutlichkeitswirksam sind, als auch die Lücke zu den Echostörungen zeitlich und energetisch füllen und
- die Abschattung des Absorbers im Zenit und die eigene Abschattung durch die bestehenden vier Ringe verhindert wird.

Die Wirkung der raumakustischen Maßnahmen für Sende- und Empfangsplätze auf dem Mittelpodium zeigt Abb. 5. Der zusätzliche fünfte Ring beseitigt wunschgemäß in Verbindung mit dem schallabsorbierenden Kuppelzenit die Störungen. Zusätzliche deutlichkeitserhöhende Anfangsreflexionen treten hierdurch erst im größeren Hörabstand zur Schallquelle auf.

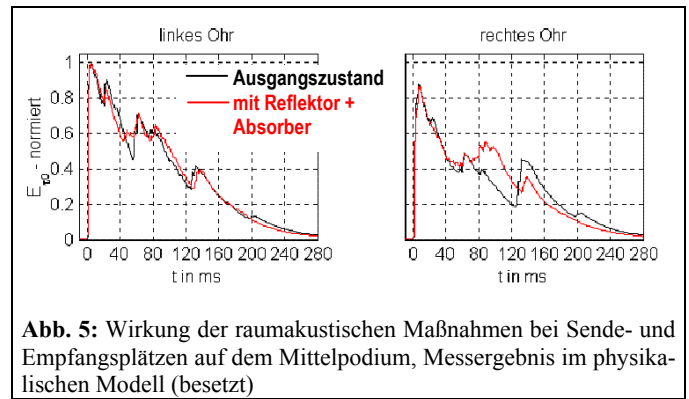


Abb. 5: Wirkung der raumakustischen Maßnahmen bei Sende- und Empfangsplätzen auf dem Mittelpodium, Messergebnis im physikalischen Modell (besetzt)

Insgesamt ist der Saal jetzt auch für Darbietungen aus der Saalmitte nutzbar. Die im Originalraum nach der Sanierung aufgenommenen  $E_{\tau_0}$ -Reflektogramme weisen keine Störungen mehr auf (s. Abb. 6).

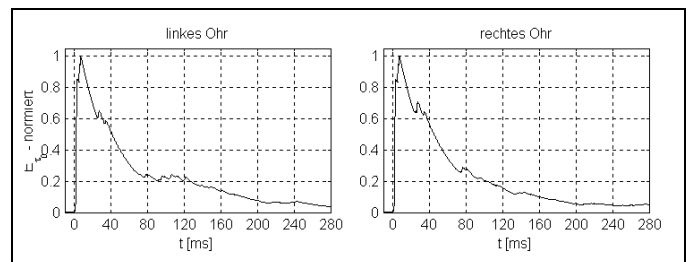


Abb. 6:  $E_{\tau_0}$  Reflektogramm bei Sende- und Empfangsposition in Saalmitte, Originalraum – nach der Sanierung (unbesetzt)

## Darbietungen vom Podium im Randbereich

Typisch für die Kongresshalle bei Darbietungen vom Podium im Randbereich ist eine deutliche „Reflexionswolke“ zwischen etwa 200 und 300 ms nach dem Direktschall (Abb. 7). Diese wird aufgrund des allmählichen Aufbaus jedoch subjektiv nicht als störend sondern sogar als Erhöhung der Räumlichkeit beurteilt.

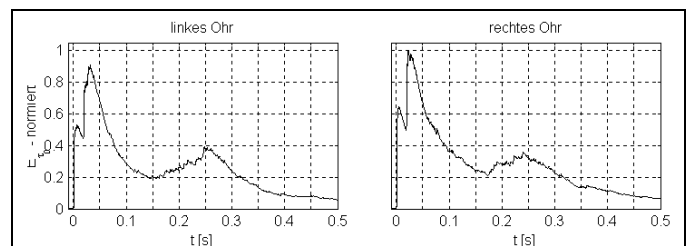


Abb. 7: Typisches  $E_{\tau_0}$  Reflektogramm bei Sendeposition Seitenpodium und Empfänger im Parkett, Originalraum (unbesetzt)

[1] Tennhardt, H.-P.; Behr, Th.; Dr. Winkler, H.: „Der Kuppelsaal – eine Aufgabe für die raumakustische Modellmesstechnik, Teil 1: Entwurfskonzept“, DAGA 2005