

## Zu akustischen Problemlösungen in ‚gläserner Architektur‘

Tobias Behrens, Wolfgang Ahnert

ADA Acoustic Design Ahnert, Berlin, Email: [tbehrens@ada-acousticdesign.de](mailto:tbehrens@ada-acousticdesign.de)

### Einleitung

Bauen mit hohem Anteil an Glasflächen, speziell auch im denkmalgeschützten Bestand, stellt besondere Anforderungen an die Lösung raumakustischer und beschallungstechnischer Aufgabenstellungen. Die zu erhaltende optische Transparenz, große Volumina mit hohen Nachhallzeiten und Probleme der geometrischen Raumakustik stehen hierbei im Vordergrund.

Im Folgenden werden verschiedene in den letzten Jahren bearbeitete Projekte (der Glashof des Jüdischen Museums Berlin und der Schlüterhof im DHM Berlin als Mehrzweck-Veranstaltungsstätten sowie die West-Ost-Halle des neuen Hauptbahnhofs Berlin als Verkehrsbau) mit unterschiedlichsten Problemstellungen und Lösungsansätzen vorgestellt.

### Akustische Anforderungen

In Mehrzweck-Veranstaltungsstätten besteht die Forderung nach einer nutzungsgerechten Hörsamkeit als Voraussetzung für die Bespielbarkeit. Dabei muss die Sprachübertragung als auch musikalische Darbietungen in hoher Qualität gesichert sein. In Verkehrsbauten reduziert sich die Anforderung auf bloße Wahrung der Sprachverständlichkeit, z.B. nach DIN EN 60849; raumakustischer Wohlklang ist hier in der Regel weniger Planungsziel.

In großvolumigen Umbauungen entstehen zum einen durch einen hier großen schallharten Anteil raumbildender Flächen hohe Nachhallzeiten mit maximalen Werten im mittelfrequenten Bereich. Der ‚bauchiger‘ Verlauf der Nachhallzeit über der Frequenz resultiert zu hohen Frequenzen hin aus der bei großen Schall-Laufwegen deutlich nachhallzeitverkürzend wirksamen Luftschall-Dissipation, zu tiefen Frequenzen hin aufgrund der dann nachlassenden Luftschalldämmung gläserner raumbildender Flächen. Zum anderen können durch problematische Formgebung auch gläserner Flächen nachteilige Phänomene der geometrischen Raumakustik entstehen. Die Folge aus alledem ist ein oft hohes erforderliches Flächenaufkommen raumakustischer Maßnahmen bei zu erhaltender optischer Transparenz und/oder die Notwendigkeit spezieller Beschallungslösungen.

### Beispiel 1: Glashof Jüdisches Museum, Berlin

Bei dieser im Herbst 2007 fertig gestellten Baumaßnahme entstand eine Mehrzweck-Veranstaltungsstätte innerhalb eines im denkmalgeschützten historischen Bestand 3-seitig umschlossenen Hofes mit neu errichtetem gläsernem Dach und gläserner Fassade (Architekt: Daniel Libeskind). Die nahezu quadratische Grundfläche des nun vollständig umbauten Hofes beträgt 675 m<sup>2</sup> bei einem Volumen von 8300 m<sup>3</sup>. Bei nominellen typischen 500 Zuschauern ergibt sich ein Pro-Kopf-Volumen von 16,6 m<sup>3</sup>/Platz. Allein daraus leitet sich die unmittelbare Notwendigkeit absorbierender raumakustischer Maßnahmen ab.

Der Hof ist vom Erscheinungsbild her geprägt von denkmalgeschützten Altbau-Fassaden, Steinboden, neuer Glasfassade und Glasdach sowie einem künstlerischen Stahlstrebenwerk im Deckenraum. Das Stahlstrebenwerk mit seinen 4 Stützenbündeln ist die künstlerisch tragende Idee des Glashofes und versinnbildlicht das jüdische Laubhüttenfest ‚Sukkah‘.

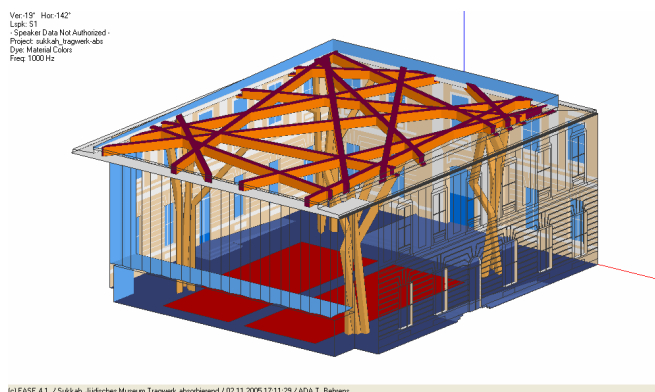


Abb. 1: EASE-Simulationsmodell ‚Glashof JMB‘

Die akustische Aufgabenstellung besteht in der Nachhallzeitbegrenzung auf ca. 2 s (was etwas höher ist, als in volumengleichen Mehrzwecksälen mit optimierter Primär- und Sekundärstruktur anzusetzen wäre, um dem besonderen architektonischen Erscheinungsbild Rechnung zu tragen) im typisch besetzten Fall und das Ausschließen eines Bühnenechos, das bei der Reflexion des Bühnenschalls an der Glasfassade entstehen könnte.

Es war nun zu prüfen, ob als Nachhallzeit-reduzierende Maßnahme eine absorbierende Ummantelung des Stahlstrebenwerks im Deckenraum (nebst zusätzlichen Flächen in kleinem Umfang) zur Erlangung des Planungsziels ausreichend ist. Dabei war zu berücksichtigen, dass die im Stahlstrebenwerk geometrisch vorhandene breitbandig schallabsorbierende Gesamt-Oberfläche von ca. 500 m<sup>2</sup> nicht voll akustisch wirken kann, da sie als 3-dimensionaler, verschachtelter Körper sich in Teilen selbst verdeckt. Raumakustische Simulationen des Glashofes im Computermodell und Hallraum-Messungen an einem sich selbst verdeckenden Objekt zeigten, dass tatsächlich keine weiteren absorbierenden baulichen Maßnahmen erforderlich sind, um die Soll-Nachhallzeit einzuhalten.

Auch ließ die Glasfassade keine Probleme bezüglich eines Bühnenechos erwarten, da sie von Libeskind stark aufgefältelt entworfen wurde, so dass Reflexionen an ihr hinreichend diffus zerstreut werden und nicht störend in Erscheinung treten.

Um beste Ergebnisse auf allen Plätzen bei elektroakustischer Sprachbeschallung zu gewährleisten, wurde eine DSP-kontrollierte Schallzeile in einer der Stützen fest eingebaut. Für elektroakustisch gestützte Musikdarbietungen werden

Line-Arrays an den im Stahlstrebenwerk fest eingebauten Stangenhängern geflogen.

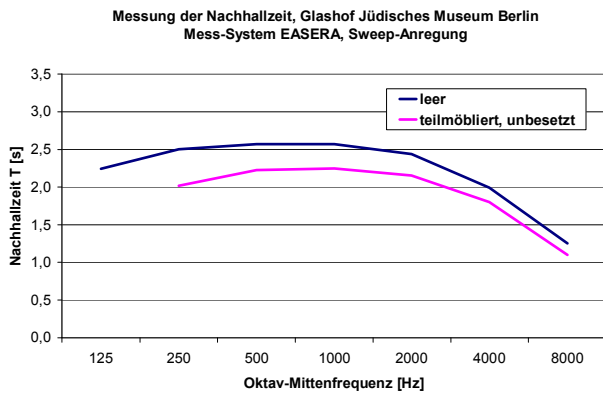


Abb. 2: Gemessene Nachhallzeit im leeren (blau) und unbesetzt teilmöblierten (violett) Zustand nach Fertigstellung des Glashofes

### Beispiel 2: Schlüterhof DHM, Berlin

Nach Schließung des im historischen Bestand nach oben offenen 4-seitig umschlossenen Schlüterhofes (Grundfläche ca. 1300 m<sup>2</sup>) mit einer gläserner Dachkuppel (Architekt M.I. Pei) war akustische Aufgabenstellung, eine kulturelle Beispielbarkeit als Mehrzweck-Veranstaltungsstätte mit ‚Event-Charakter‘ herzustellen: In dem 31.000 m<sup>3</sup> Volumen umfassenden Hof herrschte durch die schwach gewölbte Glas-kuppel (Krümmungsradius >> Raumhöhe im Scheitelpunkt) über dem schallharten Boden ein Flatterecho von bis zu 30 s Abklingdauer und eine Nachhallzeit (bei wandnaher Anregung) von 8-10 s, was keine sinnvolle Veranstaltungsnutzung ermöglichte.

Hier war klar, dass nur ein akustisch geeignetes und zudem transparentes Segel in Frage kommen konnte, Flatterecho und Nachhall nutzungsichernd in den Griff zu bekommen und zudem den architektonischen Erfordernissen zu genügen. Nach aufwändigen simulationstechnischen Untersuchungen wurde die Errichtung eines hinreichend schallabsorbierenden, dabei auch divergent reflektierend wirkenden und transparenten 2-lagigen Segels der Größe 710 m<sup>2</sup> aus ‚Microsorber‘-Folie der Fa. Kaeyer unter der Kuppel vorgeschlagen. Die Notwendigkeit der 2-Lagigkeit und der Abstand der Folienlagen zueinander von 15 cm wurde aus projektunabhängig zuvor durchgeführten Untersuchungen im Hallraum mit ‚Microsorber‘-Folie als frei im Raum hängendes Segel experimentell gefunden.



Abb. 3: Ansicht Schlüterhof DHM

Tatsächlich wird das Flatterecho durch das Segel bis auf einen marginalen tieffrequent geprägten Resteffekt soweit unterbunden, dass es nicht mehr störend in Erscheinung tritt. Der nun überall im Hof anregbare und erfahrbare Nachhall klingt im unbesetzten Zustand nach etwa 4-5 s (Sabine’sche Nachhallzeit) ab. Die erreichten raumakustischen Verhältnisse erlauben nun Veranstaltungen verschiedenster Art, wobei elektroakustische Beschallungen den Einsatz vertikal stark bündelnder Systeme wie DSP-kontrollierte Schallzeilen oder Line-Arrays erfordern.

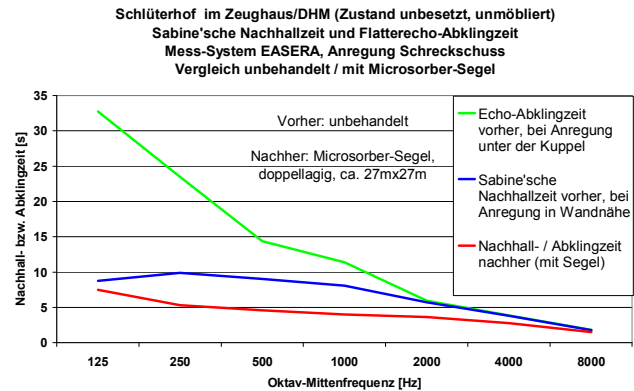


Abb. 4: Gemessene Abkling- bzw. Nachhallzeit im Schlüterhof vor und nach der Segel-Errichtung

### Beispiel 3: West-Ost-Bahnsteighalle, Hbf Berlin

In dieser etwa 220.000 m<sup>3</sup> Volumen umfassenden Bahnsteighalle (Architekt: Meinhard v. Gerkan) ist als Verkehrsbau die Sicherung der Sprachverständlichkeit nach Pflichtenheft des Bauherren als akustische Aufgabenstellung zu sehen. Da die Raumbildung über der Bahnsteigebene weitestgehend durch gläserne Flächen (in Form elliptischer Tonnengewölbe und einer flachen Vierungskuppel) besteht, war eine Nachhallzeitbegrenzung durch raumakustische Maßnahmen zur Schaffung günstiger Voraussetzungen für beschallungstechnische Lösungen hier nicht praxismäßig durchführbar. Die Aufgabenstellung musste allein auf Basis einer geeigneten Bahnsteig-Beschallung gelöst werden. Nach Simulationsuntersuchungen kamen speziell entwickelte DSP-kontrollierte Scheiben-Arrays als Beschallungs-Systeme zum Einsatz. Dabei ermöglicht die kontrollierbare enge vertikale wie horizontale Bündelung dieser Beschallungs-Systeme, dass das Hallenvolumen nicht übermäßig zu Hall angeregt wird und die Bahnsteige selektiv beschallen lassen.



Abb. 5: Ansicht West-Ost-Bahnsteighalle, Berlin Hbf