

<Der Kuppelsaal – eine Aufgabe für die raumakustische Modellmesstechnik

Teil 1: Entwurfskonzept

Hans-Peter Tennhardt¹, Thomas Behr¹, Dr. Helgo Winkler²

¹ Institut für Erhaltung und Modernisierung von Bauwerken (IEMB) e. V. an der TU Berlin, 10587 Berlin, Deutschland, Email: tennhardt@iemb.de; behr@iemb.de

² Fischerinsel 10, 10179 Berlin, Deutschland, Email: helgo.winkler@t-online.de

Architektonisches Konzept

Von 1961 bis 1964 wurde nach dem Entwurf des Architekten, Professor H. HENSELMANN, am Alexanderplatz in Berlin das „Haus des Lehrers“ errichtet. Es umfasst auch einen quadratischen Flachkörper, in dem ein, durch eine Kuppel überdeckter großer kreisrunder Veranstaltungssaal, die „Kongresshalle am Alexanderplatz“ angeordnet ist, siehe Abb. 1.

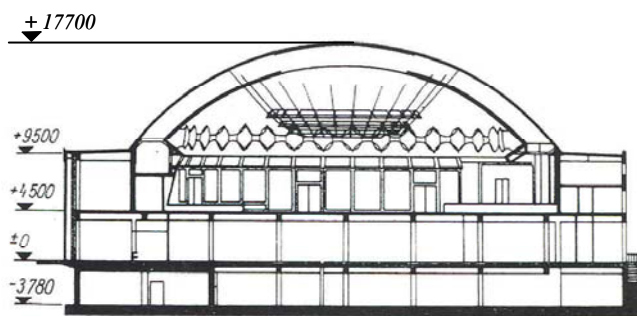


Abbildung 1: Querschnitt Kuppelsaal

Der Raum sollte als Kongress- und Konzertsaal genutzt werden. Das funktionell-gestalterische Konzept brachte raumakustisch erhebliche Probleme mit sich, da diese primäre Raumform (kreisrunder Grundriss und Kuppeldecke) Schallkonzentrationen, Echos, Ortungsverschiebungen sowie eine erhebliche Minderung der Hörbarkeit für Sprache und Musik zur Folge hat. Vergleichbare Objekte an anderen Orten mit ähnlicher Raumform wurden vollständig schallabsorbierend ausgekleidet. Damit entstand eine unzumutbare Differenz zwischen dem optischen Raumerlebnis und der Hörerwartung.

Nach der Wende 1990 in Deutschland bis Ende der 90er Jahre wurde diese Kongresshalle geschlossen. Die „bcc Grundstücksgesellschaft“ erwirbt 2001 das Bauwerk vom Land Berlin und modernisiert es grundlegend von März 2002 bis Ende 2004 (Architekt: K.-O. DAHM, Berlin). Damit wird, 40 Jahre nach Errichtung der Kongresshalle, das Ensemble durch den Umbau zu einem kulturell und gesellschaftlichen Zentrum in Berlin erhoben, dem „Berliner Congress Center“ (bcc). Erwartungsgemäß ist jetzt das Nutzungsrepertoire wesentlich breiter geworden. Die ursprüngliche Beschränkung der Saalnutzung auf Sprachdarbietungen und Sinfonie- bzw. Solistenkonzerte von der Podiumsbühne am Rand wurde völlig aufgegeben. Das Veranstaltungsprofil beinhaltet jetzt die gesamte mögliche Palette der Sprach- und Musikveranstaltungen mit und ohne elektroakustischer Beschallungsanlage. Sogar reine Bild- und Toninstallationen ohne Originalschallquelle müssen

durchführbar sein. Auch bezüglich des Schallquellenstandortes gibt es keine räumlichen Begrenzungen mehr: In Reihen- oder Tischbestuhlung sind sowohl Podiumsstandorte am Rand, als auch direkt unter dem Kuppelzenit möglich, siehe Abb.2.

Die kreisförmige Basis des Kuppelsaales besitzt einen Durchmesser von 32,5 m. In 6,2 m Raumhöhe über OkFF (Tambour) ist eine Rabitzkuppel mit einem inneren Radius von 22,27 m aufgesetzt, die maximale Raumhöhe erreicht 13,2 m, siehe Abb. 1 und 2. Mit einem Volumen von ca. 8.000 m³ und bei 1.000 Plätzen in Reihenbestuhlung errechnet man eine Volumenkennzahl von 8 m³/Platz, die für Konzertveranstaltungen günstig ist.

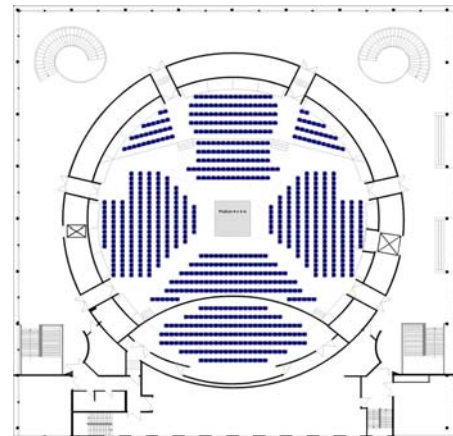


Abbildung 2: Grundriss Kuppelsaal mit zentraler Podiums-anordnung (Zeichnung: DAHM)

Raumakustischer Entwurf

Eine raumakustisch funktionssichere Lösung für diese akustisch komplizierte und kritische Raumform zu schaffen, war nur durch Anwendung der raumakustischen Simulationsmesstechnik am physikalischen Modell (Impuls-Schall-Test) im Verkleinerungsmaßstab 1:20 zu erwarten. Bereits 1960 gelang es Dr. H. Winkler an der TU Dresden, nach langwierigen, umfangreichen Untersuchungen, diese zunächst aussichtslos scheinende Aufgabe zu lösen. Gemeinsam mit dem Architekten wurden zahlreiche Lösungsvorschläge der Raumstrukturen auf ihre akustische und architektonische Eignung geprüft, die dann letztendlich zum Erfolg geführt haben. Aufbauend auf den damals gewonnenen Erfahrungen mit dieser gekrümmten Raumform konnte mit der zwischenzeitlich technisch wesentlich erweiterten Simulationsmessmethode des IEMB am physikalischen Modell die neue, aktuelle Aufgabenstellung gelöst und Maßnahmen mit dem Architekten realisiert

werden, die zu einer funktionssicheren Lösung geführt haben.

Prinzipiell entsteht bekannterweise durch die gewählte Primärstruktur des Raumes eine sehr ungleichmäßige Schallverteilung. Grundlegend können die Mechanismen der physikalisch bedingten Störung der Hörsamkeit zusammengefasst werden in:

- störende Schallumläufe horizontal und vertikal, die als „Flüstergalerieeffekt“ bekannt sind,
- durch die Raumkuppel auftretende, räumlich und zeitlich wandernde Schallkonzentrationen (Echos) unterschiedlicher Intensität und Klangfärbung (Kaustik),
- durch die Schallkonzentrationen und die langen Laufwege erheblich gestörte Diffusität des Schallfeldes.

Bezüglich der optimalen Nachhallzeit wurde ein Weg beschritten, der die Reduzierung auf das notwendige, nicht aber auf das maximale Maß vorsieht. Das war auch die unumstrittene Prämisse der Überlegungen bei der Sanierung und Modernisierung des Bauvorhabens ab 2000. Die Länge der Nachhallzeit wird dabei von der Störwirkung unabdingbarer, später Schallreflexionen bestimmt. Je länger die Nachhallzeit gewählt werden kann, umso weniger stören einzelne langverzögerte Schallreflexionen. Ausschlaggebend für die Deutlichkeit bzw. Klarheit ist dabei das Verhältnis der Schallenergie dichte der Anfangsschallreflexionen zu der im Nachhall (Hallmaß). Zum anderen wurde mit Erfolg durch die Simulationsuntersuchungen am physikalischen Modell versucht, störende Schallintensitätsmaxima durch Erhöhung der Diffusität zeitlich aufzulösen und den schallenergieärmeren dazwischenliegenden Zeitbereich durch Verkürzung der Laufzeit später Schallreflexionen auszufüllen, siehe Abb. 3. Damit wurden also sowohl die Deutlichkeit und die Klarheit nicht durch schallabsorbierende, sondern durch zusätzlich schallreflektierende Maßnahmen verbessert.

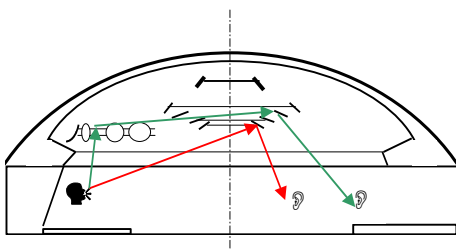


Abbildung 3: zusätzliche Schallreflexionen über Plafonds

Diese Vorgehensweise führte auch für Schallquellenstandorte unter dem Kuppelzenit zu einer befriedigenden Lösung. Der Flatterechoeffekt zwischen Fußboden (Podiumsfläche und angrenzender Zuhörerbereich) und Kuppel konnte nicht durch eine Zusatzfläche in Form einer konvexen Kugelkalotte beseitigt werden, da hierdurch an seitlichen Schallquellenstandorten langverzögerte Schallreflexionen aufgetreten wären. Als zielführende Maßnahme wurde eine breitbandig schallabsorbierende Fläche mit nur 7 m Durchmesser in den Kuppelzenit integriert, die trotz technischer begrenzter Schallabsorptionswirkung den Flatterechoeffekt ange-

messen beseitigt. Die ursprünglich an dieser Stelle vorhandene schallreflektierende Fläche war aber zur gezielten Schalllenkung in bestimmte Raumbereiche erforderlich. Deshalb musste der zeitliche Abstand zwischen den noch wirksamen späteren Schallreflexionen aus dem Kuppelzenit (aufgrund der begrenzten Schallabsorption) und den Anfangsschallreflexionen ausgeglichen werden. Hierzu wurde ein zusätzlicher 5. Ring aus Plafondelementen in definierter Anbringungshöhe und festgelegten Neigungswinkeln angeordnet, siehe Abb. 3.

Raumakustische Maßnahmen

Insgesamt kann man die raumakustisch wirksamen Maßnahmen in folgenden Gruppen zusammenfassen:

- Die Seitenwand über der Basis (Tambour) musste bis zu einer Höhe von 4 m mit 15° , darüber die Regiefenster bei einer Höhe von 0,8 m sogar mit 25° nach unten geneigt werden (Gewinnung von Anfangsreflexionen und Verhinderung der vertikalen Flüstergalerie)
- Zur Unterbindung akustisch gefährlicher, horizontaler Schallumläufe (Flüstergalerieeffekt), wurden an der gesamten Seitenwand radial senkrecht stehende 4 m hohe und am Fußboden 1 m tiefe „Schotten“ im gegenseitigen Abstand von jeweils ca. 3 m angeordnet. Sie wurden aus Gründen der Transparenz in Glas ausgeführt und treten somit optisch nicht in Erscheinung.
- Oberhalb der Regiefensterebene befinden sich zur Erhöhung der Diffusität ringsherum sternförmige konvexe Schalenelemente mit maximalen Abmessungen von 2,4 m als sogenanntes „Schmuckband“ (vom Architekten auch als „Menschenkette“ bezeichnet).
- Der Kuppelzenit wurde breitbandig hochschallabsorbierend verkleidet, wobei eine kreisförmige Fläche von ca. 40 m^2 (Durchmesser ca. 7 m) ausreichend ist. Diese Fläche ist praktisch ohne Einfluss auf die Länge der Nachhallzeit.
- In der Kuppel wurden insgesamt 5 übereinanderliegende, im Durchmesser unterschiedliche Ringe mit reflektierenden Plexiglasscheiben angeordnet, deren Einzelplafonds definierte Neigungswinkel besitzen. Um die optische Raumwirkung nicht zu stören, sind diese Plafonds aus Plexiglas (5 mm Dicke, ca. 6 kg/m^2) hergestellt. Jedes Plafondelement (Fläche ca. 2 m^2) ist, vom Saal aus gesehen, vertikal mit einem Radius von ca. 2,5 m leicht konvex gekrümmt (Stichhöhe ca. 50 mm bei 1 m Länge).
- Der schräge Randbereich der umlaufenden Kuppelbasis wurde unter Verwendung von Helmholtz-Resonatoren breitbandig schallabsorbierend verkleidet. Insgesamt besitzt diese Fläche eine Größe von ca. 300 m^2 . Physikalisch wird hierdurch das Pendeln der Schallenergie zwischen den fast horizontalen Wandbereichen unter Einbeziehung der Kuppelkrümmung stark unterdrückt, und somit die Nachhallzeit wirksam reduziert.
- Zur Verbesserung der Sprachverständlichkeit wurde eine, auf der Basis der Modellmessungen optimierte elektroakustische Beschallungsanlage eingesetzt.