Zur Raum- und Elektroakustik des Plenarsaals im neuen Parlamentsgebäude in Hanoi/Vietnam

Tobias Behrens, Wolfgang Ahnert
ADA Acoustics & Media Consultants, 13189 Berlin, E-Mail: info@ada-amc.eu

Einleitung

Nach etwa 7-jähriger Planungs- und Bauzeit wurde aktuell der Neubau des Parlamentsgebäudes der Sozialistischen Republik Vietnam in Hanoi der Nutzung übergeben (Architekten: gmp International – von Gerkan, Marg und Partner in Arbeitsgemeinschaft mit Inros Lackner). Die Architektur des Plenarsaals in Form eines kreisförmigen Raums mit Deckenkuppel stellte eine anspruchsvolle Planungsaufgabe dar, mit aufwändigen raumakustischen Maßnahmen und eine darauf angepasste Beschallungsanlage, die per Simulation geplant wurden.

Beschreibung des Plenarsaals

Abbildung 1: Ansicht des Plenarsaals, Blick auf das Podium

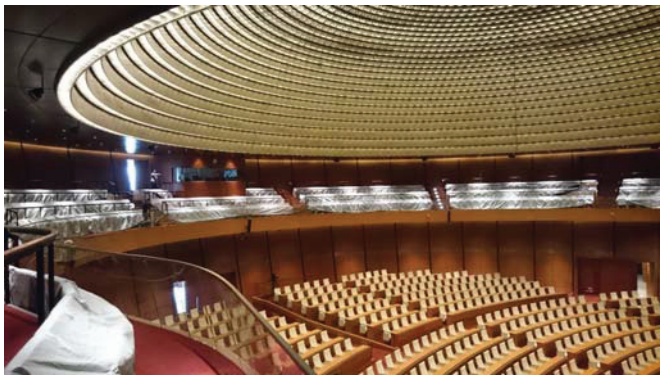


Abbildung 2: Ansicht des Plenarsaals, Blick seitlich nach hinten

Der Plenarsaal hat einen kreisförmigen Grundriss mit einem Durchmesser im Delegierten-Bereich von 44,5 m, woraus eine Grundfläche von ca. 1550 m² resultiert. Die Wände sind aus der Senkrechten um ca. 13,5° nach außen geneigt, so dass der Durchmesser der „Hutkrempe“ in ca. 12 m Höhe über dem mittleren Parkettniveau auf 50,6 m anwächst. Unter dem Scheitelpunkt der Deckenkuppel ergibt sich eine Höhe von ca. 23 m, dass Raumvolumen beträgt so rund 25.000 m³. Im Delegierten-Bereich sind 577 Plätze angeordnet, dazu kommen 12 Präsidiumsplätze. Auf dem Balkon befinden sich weitere 339 Plätze für Beobachter.

Raumakustische Zielsetzung

Dem Saalvolumen von 25.000 m³ folgend lässt sich aus der Standardliteratur [1] unter Zugrundelegung einer Sprach-Nutzung eine Soll-Nachhallzeit von ≈ 1,4 s ansetzen, bei Auslegung für elektroakustische Beschallung ist der Sollwert geringfügig kleiner. Die akustisch zu berücksichtigende Rundform des Saals mit dem Risiko störender Phänomene der Kaustik legt erfahrungsgemäß jedoch das Anstreben einer tendenziell höheren Nachhallzeit nahe, um diese Phänomene zurückzudrängen, so dass 1,4 s als Soll-Nachhallzeit angesetzt wurde.

Zielsetzung der elektroakustischen Planung war sehr hohe Sprachverständlichkeit auf allen Plätzen unter Wahrung des Richtungsbezugs je nach Sprecherposition sowie Vermeidung der Anregung nachteiliger Effekte der geometrischen Raumakustik wie Echos und Schallfokussierungen.

Simulationmodell

Zur Planung der raumakustischen Maßnahmen und der Beschallungstechnik wurde der Saal in EASE 4.4 simuliert, wozu zunächst ein Modell erstellt wurde, das die nächsten beiden Abbildungen zeigen:

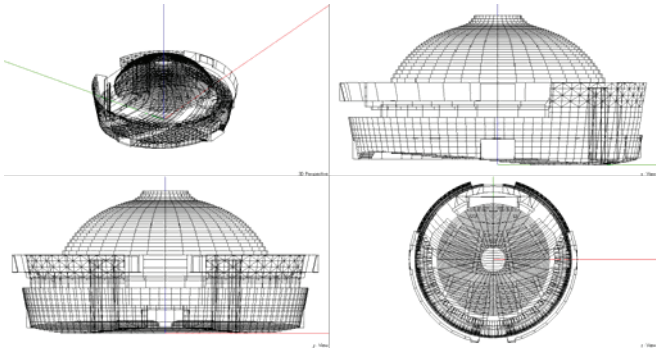


Abbildung 3: Drahtgitter-Ansicht des Simulationsmodells in EASE 4.4

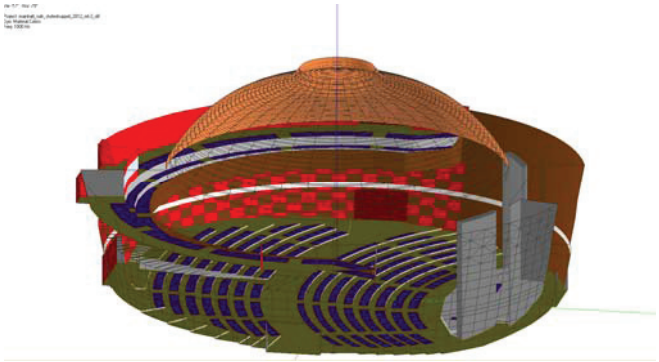
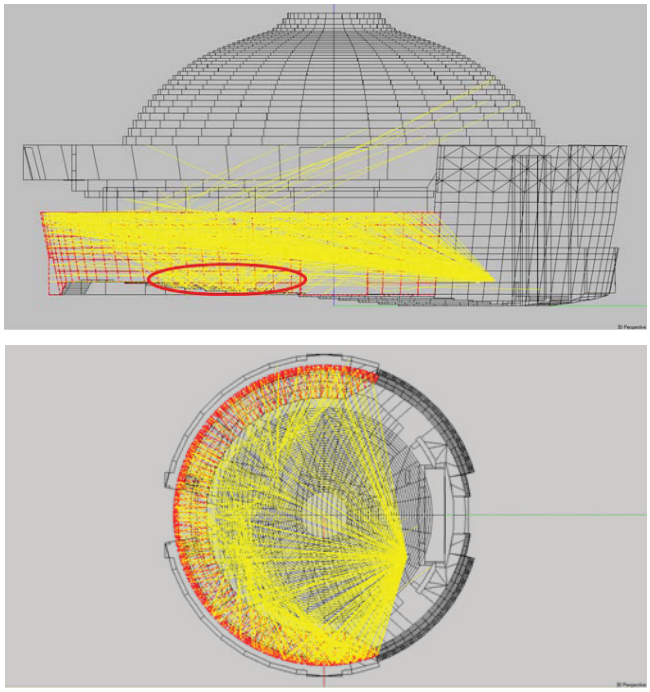


Abbildung 4: Gerenderte Ansicht des Simulationsmodells in EASE 4.4

Bei einem Pro-Kopf-Volumen von rund 27 m³ / Platz lässt sich unmittelbar die Notwendigkeit eines erheblichen baulichen Absorptionsaufkommens ablesen, wie natürlich auch den drohenden Phänomenen der geometrischen Raumakustik mit entsprechenden Maßnahmen zu entgegnen ist.



Abbildungen 5a /b: Raytracing-Darstellungen in EASE 4.4, Winkelreflexion Rückwand/Balkonuntersicht; oben Längsschnitt-, unten Grundriss-Darstellung

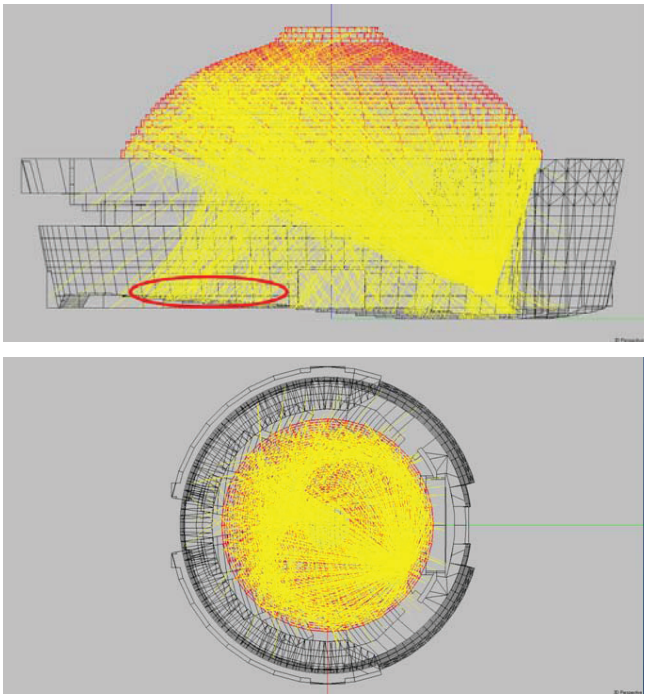


Abbildung 6a /b: Raytracing-Darstellungen in EASE 4.4, Reflexionen in der Kuppel; oben Längsschnitt-, unten Grundriss-Darstellung

Dabei lenken zwar, wie in Abb. 5a/b mittels Raytracing in EASE dargestellt, die geneigten Saalwände den Schall zunächst nach oben ab, aber per Winkelreflexion über angrenzende Deckenflächen können trotzdem wieder Fokussierungsbereiche in der Parkettebene entstehen (rot markierter Bereich in Abb. 5b), was unbedingt zu vermeidend war.
Ebenso drohen nachteilige Effekte in der Parkettebene durch konvergente Reflexionen aus der Kuppel, wie in Abb. 6a/b mittels Raytracing dargestellt ist.

Raumakustisches Maßnahmenkonzept

Das erarbeitete raumakustische Konzept, das Hand in Hand mit der Beschallungsanlage geht, sah neben der Regulierung der Nachhallzeit im Wesentlichen die Vermeidung von nachteiligen Reflexionen aus der rückwärtigen Saalhälfte (bezogen auf das Podium) und der Kuppel vor.
Zur Unterbindung von nachteiligen Reflexionen aus der rückwärtigen Saalhälfte sah das Konzept unter dem Balkon an der Wand ein Schachbrettmuster von breitbandig hochabsorbierenden und reflektierenden Paneelen vor (siehe Abb. 4), um durch die so entstehenden Impedanzsprünge schwache, aber diffuse und dadurch vorteilhafte Reflexionen zu generieren. Der Winkelreflexion wurde dort mit einer breitbandig hochabsorbierenden Bekleidung der Deckenuntersicht unter dem Balkon entgegnet.
Auf dem Balkon können an der Deckenuntersicht an der ‚Hutkrempe' vorteilhafte Kurzzeitreflexionen entstehen, so dass diese reflektierend gestaltet wurde; zur Unterbindung der Winkelreflexion wurde hier die Wand vollflächig breitbandig hochabsorbierend ausgelegt.
Die architektonisch gestuft gestaltete Kuppel wurde hoch schalltransparent bzw. absorbierend gestaltet. Der begehbare Deckenraum über der Kuppel ist stark bedämpft durch Absorption an der massiven Dachschale darüber. So sind insgesamt nur schwache, eher diffuse Reflexionen aus der Kuppel in den Saal zu erwarten.

Beschallungstechnisches Konzept

Das beschallungstechnisches Konzept sah eine Hauptbeschallung in Form von 2 DSP-kontrollierten aktiven Schallzeilen beidseits des Podiums vor, die bei Ansprache vom Podium bzw. vom Rednerpult den Delegiertenbereich als auch den Balkon abdeckt. Zur Unterstützung der hinteren Bereiche kamen ergänzend Deckenlautsprecher zum Einsatz, für die podiumsnahen Bereiche und den Ortungsbezug sind weitere Lautsprecher an der Podiumsvorderkante, im Rednerpult und beim Präsidenten vorhanden.

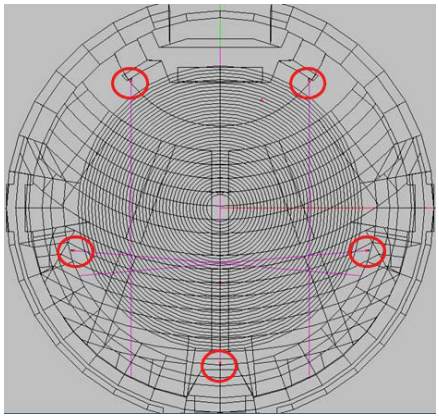
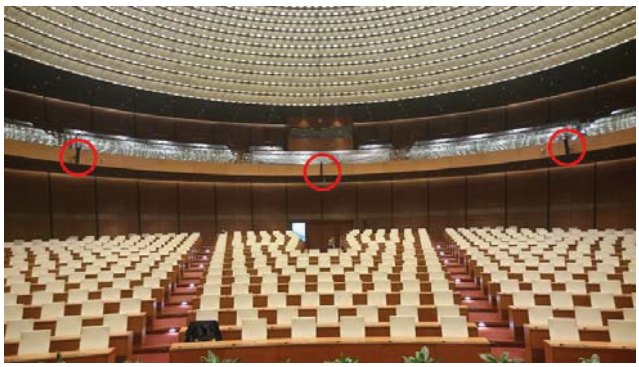


Abbildung 7: Anordnung der DSP-kontrollierten aktiven Schallzeilen (rot markiert) im Saal, Podium oben im Bild

Abbildungen 8: Blick auf das Podium mit beidseits der Podiumswand angebrachten DSP-kontrollierten aktiven Schallzeilen

Bei Wortmeldungen aus dem Delegiertenbereich kommen 3 an der Balkonbrüstung angeordnete DSP-kontrollierte aktive Schallzeilen zum Einsatz, die über eine Matrix unter Wahrung des zonenweisen Ortungsbezuges angesteuert werden.



Abbildungen 9: Blick nach hinten in den Saal mit an der Balkonbrüstung angebrachten DSP-kontrollierten aktiven Schallzeilen

Ausführung und Ergebnis

Die Ausführung der raumakustischen Maßnahmen erfolgte durch lokale Ausschreibung und Vergabe z.T. unter Einsatz fernöstlicher Produkte in geänderter Weise. So kamen statt breitbandig lediglich tief-mittenfrequent absorbierende geschlitzte Wandpaneele zum Einsatz, dafür wurden diese vollflächig (also ohne Schachbrett-Anordnung) in der gesamten hinteren Saalhälfte angebracht. Anders herum wiesen die bei gleicher visueller Erscheinung reflektierend ausgeführten geschlitzten Wandpaneele, die in den vorderen seitlichen Bereichen anzubringen waren, breitbandig eine deutlich höhere Absorption als vorgegeben auf. Die Ausführung der Decken und der Kuppel sowie der Beschallung erfolgte jedoch planungskonform.

Nach erfolgtem Innenausbau und einer ersten Betriebsphase wurde bei Anregung über die im Saal fest installierte Beschallungsanlage für den unbesetzten Fall der nachfolgend in Abb. 10 dargestellte Nachhallzeitverlauf (Mittelwerte aus räumlich verteilten Einzelmessungen) gemessen. Erwartungsgemäß liegt die Nachhallzeit bei geringer Varianz der Einzelmessungen deutlich unter dem Sollwert von 1,4 s, auch bildet sich das frequenzselektive Verhalten der absorbierend ausgeführten Wandpaneele in Form des leicht bauchigen Verlaufs der Nachhallzeit über der Frequenz ab. Nichtsdestotrotz orientiert sich der Nachhallzeitverlauf noch gut am unteren Toleranzband-Limit (1,4 s - 20%). Bei Besetzung des Saales ist ein nur leichtes Absinken der Nachhallzeit hauptsächlich im mittelfrequenten Bereich zu erwarten, so dass sich der Verlauf dann linearisiert.

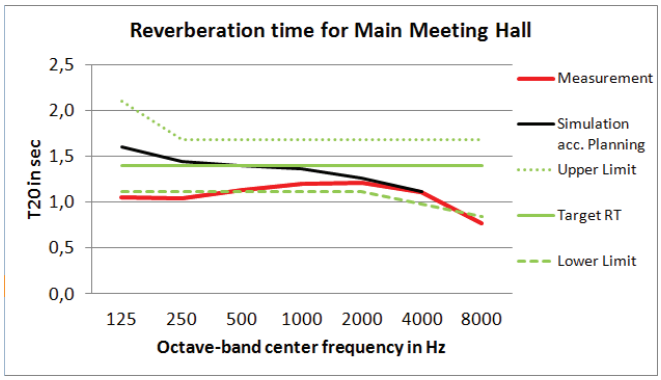


Abbildung 10: Gemessene und simulierte Nachhallzeit-Verläufe über der Frequenz mit Sollwert und Toleranzband

Subjektiv sind kaum Störungen des Schallfeldes, wie z.B. Echos, wahrnehmbar, und auch objektiv ist an keiner der repräsentativ im gesamten Saal verteilten Messpositionen ein Erreichen des Echo-Kriteriums nach Dietsch und Kraak zu verzeichnen, wie nachfolgend dargestellt:

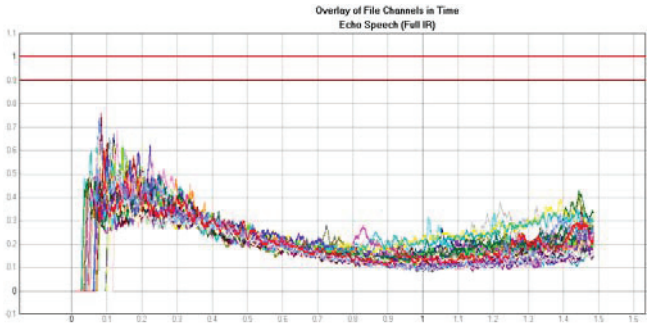


Abbildung 11: Echo-Kriterium nach Dietsch und Kraak für die Einzelmessungen an verschiedenen Messpositionen

Die Sprachverständlichkeit wurde anhand der Sprachübertragungs-Indices STI ermittelt und stellt sich wie folgt dar:

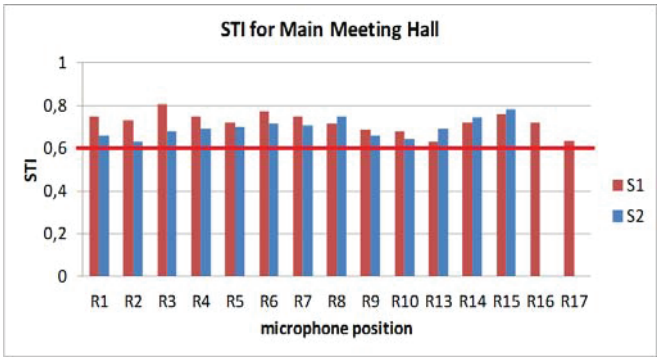


Abbildung 12: Echo-Kriterium nach Dietsch und Kraak für die Einzelmessungen an verschiedenen Messpositionen, S1: Hauptbeschallung (Podiumsredner), S2: Beschallung von der Balkonbrüstung aus (Delegiertenredner)

Wie in obiger Abbildung zu sehen, liegen alle Messwerte über STI = 0,6 für mindestens ‚gute' Sprachverständlichkeit. Dabei wird bei Einsatz der Hauptbeschallung (S1) ein Mittelwert von STI = 0,72 erreicht, im Beschallungs-Szenario S2 (Delegiertenredner) beträgt dieser 0,7.

Literatur

[1] Wolfgang Fasold / Eva Veres: Schallschutz und Raumakustik in der Praxis, Verlag für Bauwesen 1998