

Zur Raumakustik und Beschallungstechnik der wiederaufgebauten Frauenkirche zu Dresden

Wolfgang Ahnert, Tobias Behrens

ADA Acoustic Design Ahnert, 13189 Berlin, Arkonastr. 45-49, www.ada-acousticdesign.de, info@ada-acousticdesign.de

Einleitung

Der streng denkmalgerechte Wiederaufbau der Frauenkirche zu Dresden beinhaltet eine Wiederherstellung der originalen raumakustischen Verhältnisse und darüber hinausgehend die Realisierung eines elektroakustischen Systems zur Erzielung guter Sprachverständlichkeiten in allen Zuhörerbereichen.

Im Rahmen der Untersuchungen erfolgen Simulationsberechnungen und Messungen, auf deren Ergebnisse im folgenden eingegangen wird.

Raumakustik

Durch die originale Rekonstruktion des Baukörpers in seiner Primärform und des Innenausbaus sowie die Verwendung originaler Baustoffe (im wesentlichen Sandstein/Holz) war hier eine weitestgehende Wiederherstellung der Hörsamkeit zu erwarten.

Analysen historischer (1944) und aktueller Orgelaufnahmen sowie aktuelle Messungen bestätigen die erfolgreiche denkmalgerechte Wiederherstellung der Nachhallzeit:

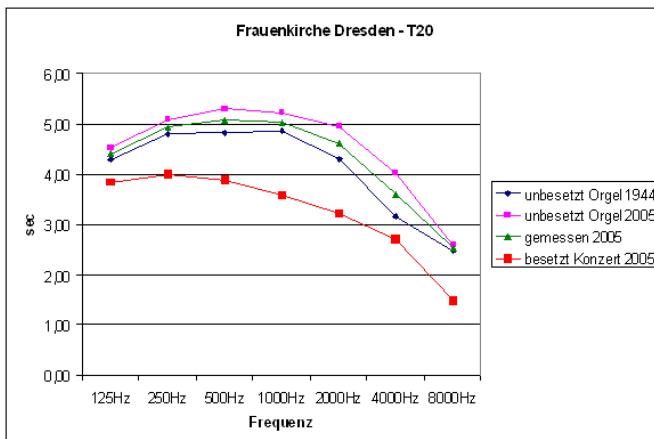


Abbildung 1: Gegenüberstellung gemessener Nachhallzeiten 1944/2005. Die oberen 3 Linien stellen den unbesetzten Zustand dar, die untere Linie den voll besetzten Zustand bei konzertanter Darbietung.

Ebenso wurden aktuell die Energiemaße C50 (Deutlichkeit) und C80 (Klarheit) messtechnisch ermittelt, die in den Abb. 2 und 3 dargestellt sind.

Als Voraussetzung hoher Sprachverständlichkeitsmaße sollten die C 50-Werte über 0dB liegen. Dies ist nicht der Fall, was als problematisch zu sehen ist.

Als Voraussetzung guter konzertanter Bedingungen sollten die C 80-Werte möglichst um -3dB liegen. Hier sind mithin gute Voraussetzungen gegeben.

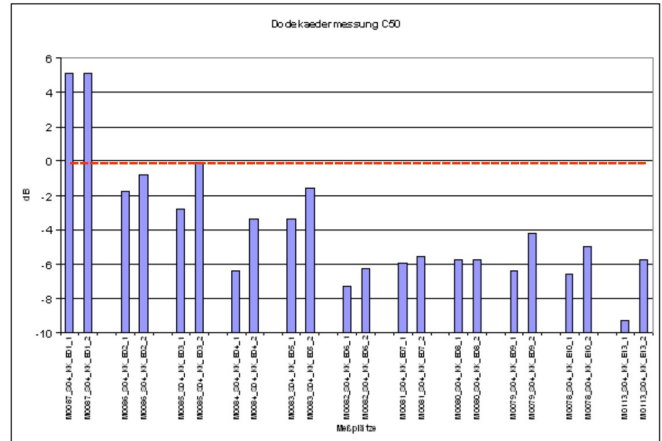


Abbildung 2: Gemessene Deutlichkeitsmaße C50 an verschiedenen Hörerplätzen in der unbesetzten Frauenkirche. Als Voraussetzung hoher Sprachverständlichkeitsmaße sollten die C 50-Werte möglichst über 0dB liegen. Hier zeichnen sich Probleme ab.

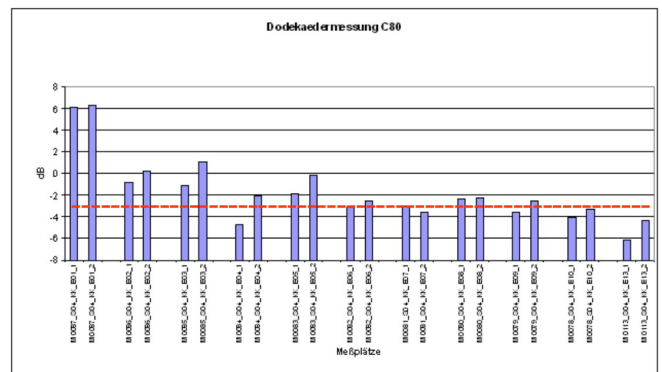


Abbildung 3: Gemessene Klarheitsmaße C80 an verschiedenen Hörerplätzen in der unbesetzten Frauenkirche. Als Voraussetzung guter konzertanter Bedingungen sollten die C 80-Werte möglichst um -3dB liegen. Hier sind gute Voraussetzungen gegeben.

Beschallungsanlagen-Planung per Simulation

Um Kenntnisse über den zu erwartenden raumakustischen Zustand, speziell die Nachhallzeit, zu erwerben und eine Beschallungsanlage planen zu können mit dem Ziel ausreichender und gleichförmiger Schallpegel sowie hoher Sprachverständlichkeiten in allen Sitzplatzbereichen, wurde ein Simulationsmodell der Frauenkirche erstellt und darin Berechnungen angestellt.

Im folgenden ist das Simulationsmodell (Abb. 4 u. 5) sowie eine vergleichende Nachhallgrafik (Abb. 6) dargestellt. In letzterer ist zu erkennen, dass auch mit unterschiedlichen physikalischen Modell-Annahmen (statistisch/geometrisch) und für den unbesetzten bzw. voll besetzten Fall eine gute

Übereinstimmung zwischen Messung und Simulation erzielt werden konnte.

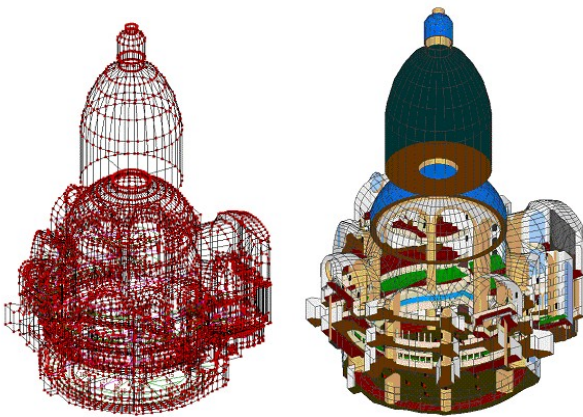


Abbildung 4a/b: Darstellung des Simulationsmodells in EASE, links Drahtgitterdarstellung, rechts gerenderte Darstellung des Modells

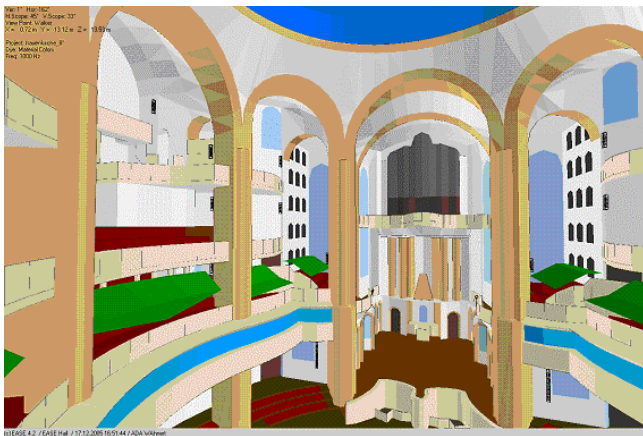


Abbildung 5: Darstellung des Simulationsmodells in EASE, gerenderte Innenraum-Darstellung

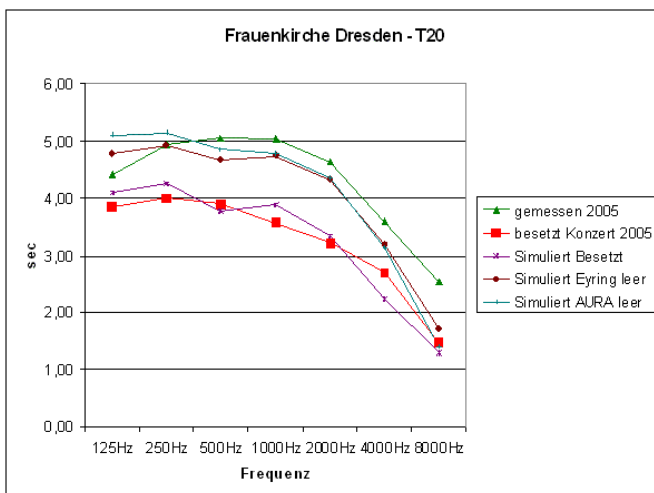


Abbildung 6: Gegenüberstellung der aktuell gemessenen und simulierten Nachhallzeiten. Die oberen 3 Linien stellen den unbesetzten Zustand dar, die unteren beiden Linien den voll besetzten Zustand.

Die hohen Nachhallzeiten bis ca. 5s im unbesetzten, bis ca. 4s im besetzten Zustand sind als erschwerende Faktoren bei der beschallungstechnischen Planung zu sehen. Hinzu kommen mögliche Probleme durch Brennpunktbildung und Schall-Leitung aufgrund der runden Primärform der Kirche.

Hier verbot der Denkmalschutz entschärfende Sekundärstrukturen.

Die Anforderungen ließen es notwendig erscheinen, für die Beschallung spezielle Lautsprechertechnik in Form DSP-gestützter digitaler Schallzeilen zu verwenden, deren Haupteigenschaft eine vertikal äußerst stark gerichtete Schallabstrahlung mit nur unwesentlichen Nebenkeulen ist (Scheibenstrahler). Damit ist das Ziel, lediglich die (bei Besetzung gut absorbierenden) Hörerflächen zu beschallen und das Kirchenvolumen gar nicht erst durch ungerichteten Schall stark zu Nachhall anzuregen, erreichbar. Es kamen die Intellivox-Schallzeilen des Herstellers Duran Audio zum Einsatz. Diese Lautsprecher lassen sich bezüglich vertikale Neigung der Hauptabstrahlrichtung, vertikaler Öffnungswinkel und Fokus-Distanz elektronisch einstellen.

Zur Beschallung des Parkett-Zuschauerbereiches wurden insgesamt lediglich 2 Schallzeilen des Modells Intellivox 2c jeweils links und rechts der Altarraum-Öffnung an den Wänden montiert. Die Zuschauerbereiche der 4 Emporen sind insgesamt mit 32 Schallzeilen des Modells Intellivox 1b beschallt; hier wurden die Lautsprecher in senkrecht auf dem Boden stehende zylindrischen Metallkörper eingebaut. Diese ‚Objekte‘ sind durch Anordnung seitlich leicht hinter den tragenden Pfeilern der Kirche vom Parkett aus nur bedingt sichtbar.

In der folgenden Abb. 7 sind die gemessenen und simulierten Sprachverständlichkeitsmaße STI dargestellt. In der Simulation wurden mit der so konzeptionierten Anlage im unbesetzten Fall weitestgehend mindestens befriedigende Sprachverständlichkeitsmaße STI berechnet (gelbe Balken). In der Messung (Grüne Balken: Messmikrofon m. Kugelcharakteristik) zeigten sich bereits im unbesetzten Fall tendenziell etwas bessere Werte als bei der Simulation; mit den simulierten Werten liegt man also aus der ‚sicheren Seite‘. Bei Messung mit Kunstkopf (rote Balken) verbessern sich die STI-Werte weiter und entsprechen auch eher dem subjektiven Eindruck.

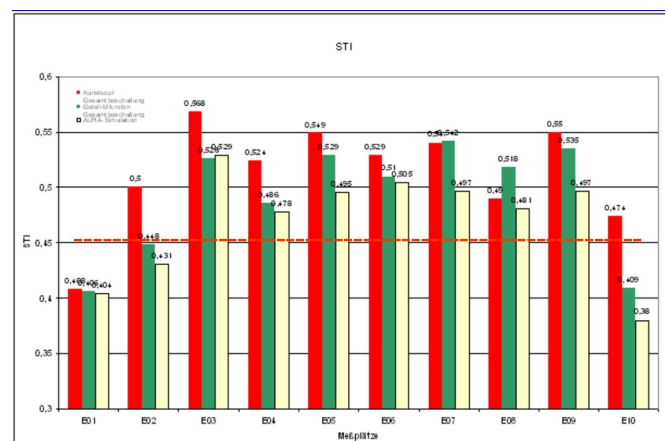


Abbildung 7: Aktuell gemessener Sprachverständlichkeitsmaße STI an verschiedenen Hörerplätzen in der unbesetzten Frauenkirche.

Im besetzten Zustand sind durch Reduktion der Nachhallzeit um ca. 1 bis 1,5 s Verbesserungen des STI um etwa 0,1 zu erwarten, so dass dann tatsächlich mind. gute Sprachverständlichkeiten mit Werten oberhalb STI 0,5 herrschen.