

Planung und Simulation von Beschallungsanlagen in Kirchengebäuden

A. Schmitz¹, A. Goertz², M. Makarski³

¹ IFAA- Institut für Audiotechnik und Akustik, 41352 Korschenbroich, E-Mail: alfred.schmitz@ifaa-akustik.de

² IFAA- Institut für Audiotechnik und Akustik, 52134 Herzogenrath, E-Mail: anselm.goertz@ifaa-akustik.de

³ IFAA- Institut für Audiotechnik und Akustik, 52146 Würselen, E-Mail: michael.makarski@ifaa-akustik.de

Einleitung

Die Beschallung von Kirchen ist auf Grund der dort herrschenden vergleichsweise sehr langen Nachhallzeiten meist sehr schwierig und nicht selten mit sehr viel Kompromissen behaftet. So wurden in der Vergangenheit meist kleine Lautsprecherzeilen eingesetzt, die im Rahmen eines dezentralen Beschallungskonzeptes an die Säulen oder anderen „natürlichen“ Befestigungspunkte in der Kirche montiert wurden. Durch die Vielzahl der verwendeten Lautsprecher ist die Anregung des Nachhallfeldes groß und eine „gute“ Sprachverständlichkeit nur innerhalb des Lautsprecher-Hallradius (Richtentfernung) gegeben, der jedoch bei Verwendung vieler Lautsprecher entsprechend gering ist.

Eine deutliche Verbesserung der Sprachverständlichkeit wäre gegeben, wenn wenige, stark richtende Lautsprechersysteme (hier Lautsprecherzeilen) eingesetzt würden. Vor der Entwicklung digitaler Lautsprecherzeilen waren der Verwendung langer Lautsprecherzeilen (2-5 m) jedoch starke Grenzen gesetzt, weil das Richtverhalten passiver Zeilen stark frequenzabhängig ist und auch die Richtkeule in der Regel nur mechanisch geschwenkt werden konnte. Nunmehr erlaubt die Verwendung digitaler Lautsprecherzeilen eine präzise Formung und Ausrichtung der Richtkeule auf die Zuhörerebenen. Wenngleich der Einsatz stark richtender digitaler, aktiver Lautsprecherzeilen in Kirchen nicht so neu ist, gibt es bisher wenig dokumentierte Ergebnisse sowie unterschiedliche Angaben darüber, welche Sprachverständlichkeiten STI erreichbar sind. Das im Folgenden dargestellte Beispielprojekt einer großen Kirche mit einer mittleren Nachhallzeit von $T = 0,7 - 0,8$ s steht repräsentativ für die in den letzten Jahren mit der Kirchenbeschallung gemachten Planungen und Erfahrungen.

Beispiel einer großen Kirche

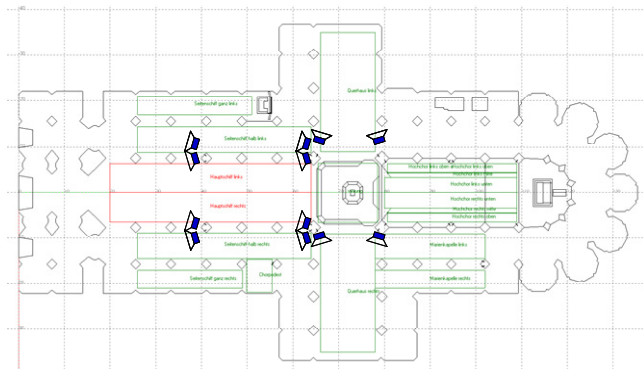


Abbildung 1: Beschallungskonzept einer großen Kirche

Abbildung 1 zeigt den Grundriss eines Simulationsmodells

sowie das schematische Beschallungskonzept der Beispielkirche. Obwohl Lautsprecherzeilen bei entsprechender Länge (typ. 5m) eine Reichweite von bis zu 50m haben, zeigt die Erfahrung, dass aus Gründen der Gleichmäßigkeit von Direktschallverteilung und späterer räumlicher Verteilung der Sprachverständlichkeitswerte 3m lange Zeilen mit einer Reichweite von ca. 30m flexibler und besser einsetzbar sind.

Für die Kirche wurden nunmehr verschiedene Simulationen mit dem Programm EASE durchgeführt. Später wurde eine Variante im Rahmen eines Probeaufbaus realisiert und hinsichtlich der erzielten Werte für Direktschallverteilung und Sprachverständlichkeit nachgemessen. Abbildungen 2 und 3 zeigen die errechneten Sprachverständlichkeitsverteilungen einer Beschallungsvariante (Mittelschiff und Querhäuser) nach dem Beschallungskonzept gemäß Abbildung 1 unter a.) Einsatz 3m langer passiver und b.) Einsatz 3m langer aktiver, digitaler Lautsprecherzeilen.

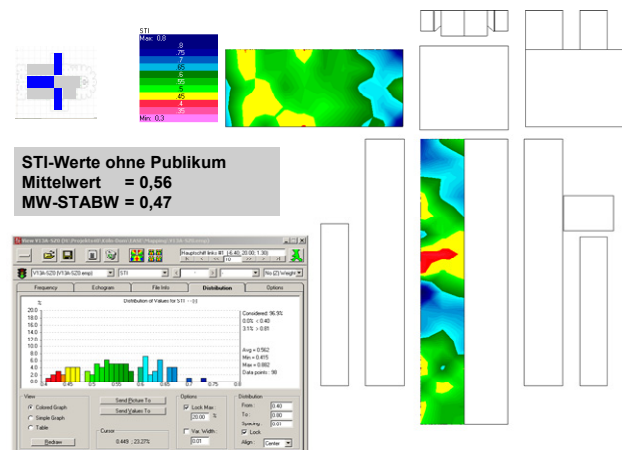


Abbildung 2: STI-Verteilung mit passiven LS-Zeilen

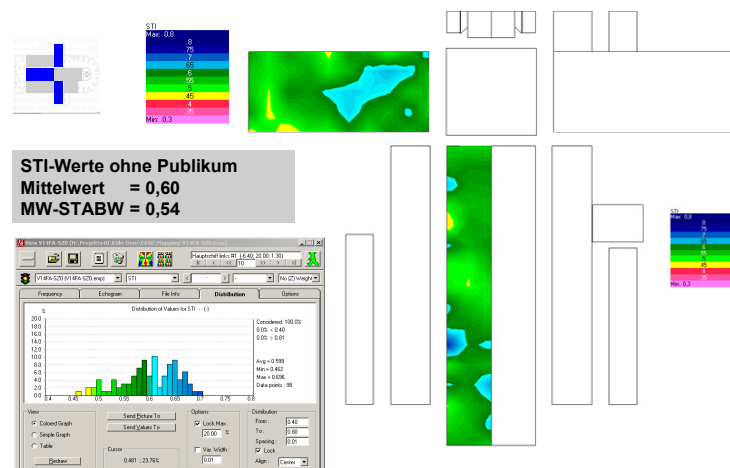


Abbildung 3: STI-Verteilung mit aktiven LS-Zeilen

Wie aus den Bildern zu erkennen ist, lässt sich mit Hilfe der aktiven LS-Zeilen eine sehr gleichmäßige STI-Verteilung erzielen. Der Mittelwert für die leere (!) Kirche ist mit $STI_{MW} = 0,6$ vergleichsweise „sehr gut“. Auch der $STI_{MW-Stabw}$, der im Bereich einschlägiger Normen als Anforderungswert herangezogen wird, ist mit 0,54 vergleichsweise „sehr gut“.

Selbst bei Beschallung der gesamten Kirche wird für den unbesetzten Zustand noch ein STI-Mittelwert von 0,54 erreicht. Die gesamte Kirche wird jedoch nur dann beschallt, wenn eine entsprechende Besetzung (z.B. bei Hochfesten, wie Weihnachten oder Ostern) gegeben ist. Gemäß Abbildung 4 lässt sich für den besetzten Zustand ein $STI_{MW} = 0,63$ und ein $STI_{MW-Stabw} = 0,57$ erreichen.

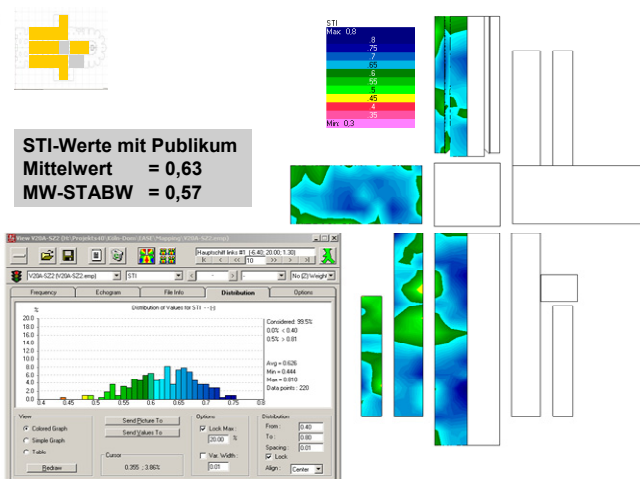


Abbildung 4: STI-Verteilung der gesamten Kirche mit aktiven LS-Zeilen, besetzter Zustand

Probeaufbau

Da die Simulationsgüte von verschiedenen Parametern abhängt und nicht selten mit größeren Unsicherheiten behaftet ist, ist der Abgleich von simulierten mit real gemessenen Daten enorm wichtig. Abbildung 5 zeigt die simulierte STI-Verteilung bei ausschließlicher Beschallung des Mittelschiffes.

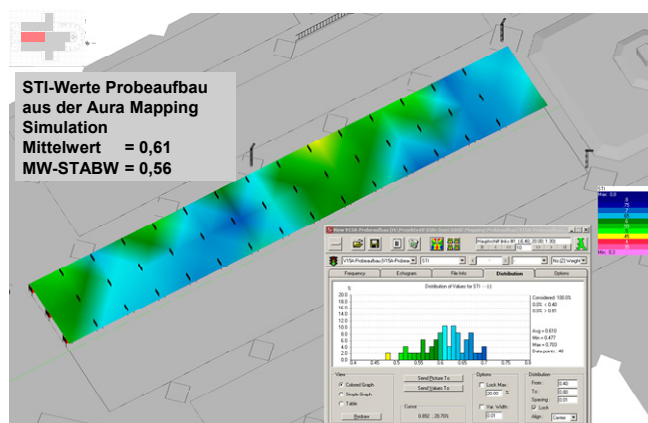


Abbildung 5: STI-Verteilung nur Mittelschiff

Im Rahmen eines Probeaufbaus wurden die 4 LS-Systeme des Mittelschiffes installiert. Im Zuge der Einstellung der Anlage wurden immer wieder die Pegelverteilungen und Sprachverständlichkeiten auf 45 räumlich gleich verteilten Punkten im Mittelschiff gemessen und die per Software

einstellbaren Lautsprecherparameter optimiert. Schon während der Einstellung einer Anlage wird immer wieder deutlich, dass sich bei akribischer Installation die Beschallungsgüte der Anlage nicht selten nochmals steigern lässt. Um einen exakten Vergleich zwischen Simulation und Messung zu gewährleisten, wurden die STI-Werte für die 45 Messpunkte noch einmal mit dem Simulationsprogramm mit Hilfe der Berechnung von hochauflösenden Impulsantworten nachberechnet. Tabelle 1 zeigt die Ergebnisse:

	STI_{MW}	$STI_{MW-Stabw}$
Simulation	0,60	0,56
Messwerte	0,68	0,65

Tabelle 1: Ergebnisse von Simulation und Messungen

Wie aus Tabelle 1 ersichtlich konnte durch akribische Einstellung vor Ort die Sprachverständlichkeit nochmals deutlich gegenüber den Erwartungswerten aus der Simulation gesteigert werden. Objektiv und subjektiv war die erzielte Sprachverständlichkeit für das Mittelschiff im unbesetzten Zustand vergleichsweise „exzellent“.

Zusammenfassung

Das hier vorgestellte Beispiel zeigt, dass unter Einsatz modernster digitaler LS-Zeilen auch bei entsprechender Auslegung der Beschallungsanlage trotz der sehr langen Nachhallzeiten „gute“ Werte für die Sprachverständlichkeit erzielbar sind. Wird der Maßstab für eine Mindestsprachverständlichkeit der einschlägigen Normen für Notfallwarnsysteme und Brandmeldeanlagen (DIN EN 60849 oder VDE 0833-3) mit $STI_{MW-Stabw} \geq 0,5$ zu Grunde gelegt, zeigen sowohl das vorgestellte Projekt als auch die Erfahrungen mit vielen weiteren großen Kirchen, dass sich bei guter Planung und Ausführung regelmäßig Sprachverständlichkeitswerte von $STI_{MW-Stabw} \geq 0,5$ erzielen lassen. Dies scheint überraschend, weil in vielen öffentlichen Gebäuden (Bahnhöfe, Flughäfen), die geringere Nachhallzeiten aufweisen als Kirchen, nicht selten erhebliche Schwierigkeiten bestehen, die Anforderungen der Norm einzuhalten.

Bei der Planung von Beschallungskonzepten ist jedoch zu beachten, dass bei der Prognose genaue Berechnungsalgorithmen sowie richtige Lautsprecherdaten eingesetzt werden. Ferner sollte gerade bei Kirchen das Computermodell hinsichtlich der Nachhallzeit mit den Ergebnissen aus Nachhallzeitmessungen „kalibriert“ werden. Nicht zuletzt zeigt sich, dass sich oftmals durch die sorgfältige Inbetriebnahme der Anlage vor Ort das Ergebnis gegenüber der Simulation nochmals steigern lässt.

Literatur

- [1] DIN EN 60268-16, Ausgabe: 2004-01
Elektroakustische Geräte - Teil 16: Objektive Bewertung der Sprachverständlichkeit durch den Sprachübertragungsindex (IEC 60268-16:2003);
- [2] DIN EN 60268-16, Ausgabe: 1998
Elektroakustische Geräte - Teil 16: Objektive Bewertung der Sprachverständlichkeit durch den Sprachübertragungsindex