

Planungen und Simulationen für eine Notfalldurchsageanlage in einer großen und besonders komplexen Industrieanlage

Anselm Goertz¹, Christiane Bangert², Alfons Krahl³, Hans Nijssen⁴

¹ Audio & Acoustics Consulting Aachen, Email: anselm.goertz@t-online.de

² Audio & Acoustics Consulting Aachen, Email: c.bangert@t-online.de

³ Siemens Building Technologies Essen, Email: alfons.krahl@siemens.com

⁴ Duran Audio Zaltbommel Netherlands, Email: hans.nijssen@durand-audio.com

Einleitung

Nach den gesetzlichen Vorgaben müssen in bestimmten Industrieanlagen Möglichkeiten für Notfalldurchsagen und akustische Warnhinweise bestehen. Am Beispiel einer sowohl unter sicherheitstechnischen Aspekten wie auch unter akustischen Gesichtspunkten extrem schwierigen Örtlichkeit sollen die Möglichkeiten der Planung einer entsprechenden Lautsprecheranlage mit Hilfe von moderner Simulationssoftware und Messtechnik gezeigt werden. Eine Nachhallzeit von 8s und ein Störpegel von 80 dBA waren die Randbedingungen unter denen großflächig eine mindestens angemessene Sprachverständlichkeit mit einem STI-Wert von 0,45 oder besser erzielt werden sollte.

Ist Zustand

Anlass für die hier vorgestellten Planungsarbeiten war die aktuelle Installation im betreffenden Gebäude, die mit diversen Trichterlautsprechern ausgeführt war. Unter den gegebenen Bedingungen war mit dieser Anlage nur in nächster Nähe zu einem Lautsprecher eine ansatzweise hinreichende Sprachverständlichkeit zu erreichen.

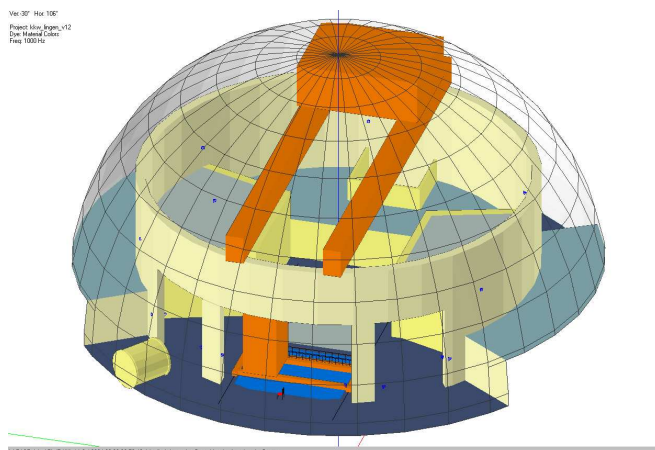


Abbildung 1 EASE Modell der Industrieanlage mit der ursprünglichen Lautsprecheranordnung

Als Ausgangspunkt für weitere Arbeiten wurde in einer ersten Simulation die bestehende Anlage berechnet. Abbildung 1 zeigt die Lautsprecherverteilung und Abbildung 2 die für diese Anordnung berechneten STI-Werte, die deutlich den wenig zufriedenstellenden Zustand wiedergeben. Für ca. 70% der betroffenen Flächen liegt der STI-Wert unterhalb von 0,4. Für die neu zu planende Installation wurde seitens der Betreiber der Anlage eine Zielvorgabe für den STI-Wert von 0,45 oder besser auf min. 85% der Flächen gemacht. Eine weitere Grundvoraussetzung

war, dass alle Verbesserungen nur durch Arbeiten an der Beschallungsanlage erreicht werden mussten und keinerlei raumakustische Maßnahmen möglich waren.

Lösungsansatz

Unter schwierigen akustischen Randbedingungen ist die wichtigste Zielsetzung für eine Beschallungsanlage eine möglichst präzise Ausrichtung auf die zu versorgenden Hörerflächen ohne dabei den Nachhall des Raumes unnötig stark anzuregen. Mit moderner DSP-Technik ausgestattete Lautsprecherzeilen kommen diesem Anspruch über einen weiten Frequenzbereich sehr gut nach [1]. Speziell für dieses Objekt war noch die alles umfassende Betonkuppel mit ihrem akustischen Focuspunkt als besondere Problemstelle zu beachten. Für die hier vorgestellte Industrieanlage wurde daher ein Konzept mit insgesamt acht DSP gesteuerten Lautsprecherzeilen entwickelt, die wie in Abbildung 4 dargestellt, angeordnet wurden.

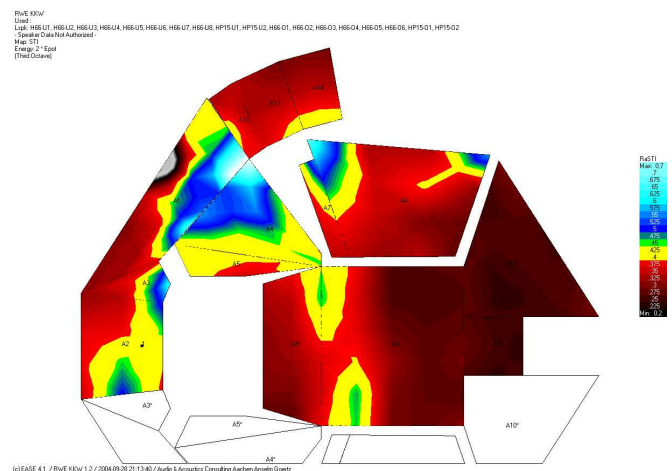


Abbildung 2 STI-Werte für die bestehende Installation in der Simulation (rot < 0,4 ; gelb > 0,45)

Probeinstallation

Zur Erhöhung der Planungssicherheit und zum direkten Vergleich von Simulation und Realität wurde eine Probeinstallation mit vier Lautsprechern durchgeführt. An insgesamt 40 Positionen wurde bei der Probeinstallation eine Impulsantwort gemessen und der STI-Wert berechnet. Zum Vergleich mit den Messergebnissen wurden für diese Konstellation des Probeaufbaus die STI-Werte nach unterschiedlichen Verfahren berechnet. Zum Einsatz kamen aus der Software EASE 4.1 das Aura-Mapping und das Aura-Response Modul sowie die Response Berechnung der Software Catt Acoustic. Abbildung 3 zeigt die Ergebnisse

der Simulationen im Vergleich zu den Messwerten. Als äußerst überraschend kann es angesehen werden, dass die Ergebnisse der Aura-Response Berechnung, wo die genauesten Resultate zu erwarten gewesen wären, die größte Abweichung von der Realität im Sinne von zu schlechten STI Werten aufweisen. Die Berechnung mit dem vereinfachten Verfahren des Aura-Mappings und aus Catt Acoustic kommen dagegen der Realität schon recht nahe. Abweichungen an einzelnen Positionen sind dabei nicht ungewöhnlich, da es zur Zeit der Messungen einige temporäre Einbauten in der Räumlichkeit gab, die im Simulationsmodell nicht vorlagen. Für das weitere Vorgehen wurde daher beschlossen, sich an den Werten des Aura Mappings zu orientieren, da dieses bei vertretbaren Rechenzeiten von 2-3 Tagen für 190 Positionen bei einer Länge der Impulsantwort von 6s und insgesamt 6.400.000 Schallteilchen zu vertrauenswürdigen Ergebnissen führte.

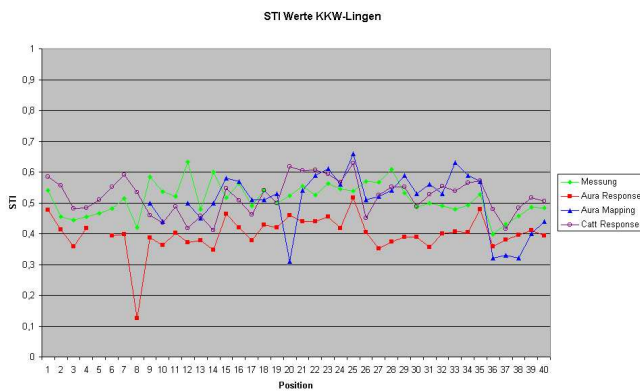


Abbildung 3 Vergleich der gemessenen STI-Werte (gr) mit denen aus der Simulation des EASE Mappings (bl), der EASE Responses (rt) und aus CATT Acoustic (lila).

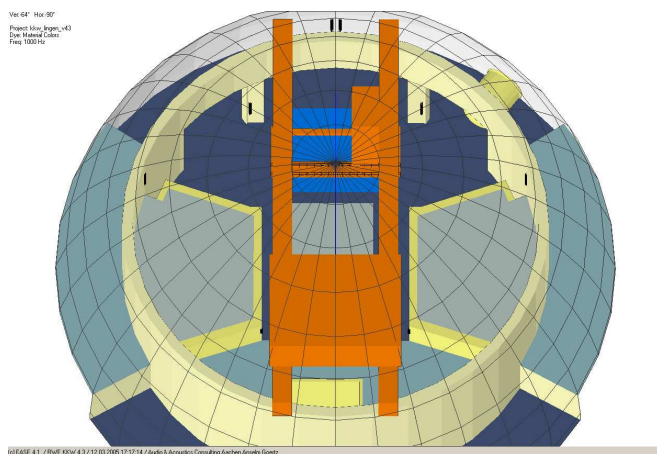


Abbildung 4 Endgültige Lautsprecheranordnung mit insgesamt 8 Lautsprecherzeilen

Realisation

Im Anschluss an den Probeaufbau erfolgte die Berechnung der Pegelverteilung und der STI-Werte für das neue Konzept mit acht Lautsprecherzeilen. Für den sprachrelevanten Frequenzbereich können auf der gesamten Fläche Pegel zwischen 90 und 100 dB erreicht werden, die in Relation zum Störpegel von 80 dBA einen ausreichenden Störabstand liefern. Die STI Berechnung erfolgte zur Reduzierung der

Rechenzeit nur für eine Hälfte des symmetrischen Raumes beim Betrieb aller acht Lautsprecher. Abbildung 5 und Abbildung 6 zeigen die Ergebnisse als Mapping und als Verteilungsfunktion. Einige Teilbereiche links oben und links mittig sowie rechts oben, die sehr schlechte Ergebnisse liefern (rot), müssen aus der Betrachtung ausgeschlossen werden, da sich an diesen Stellen große Einbauten befinden, die bei den Hörerflächen nicht ausgespart wurden. Lässt man diese Bereich außen vor, dann wird der Anspruch eines STI-Wertes von 0,45 oder besser auf 85% der Fläche knapp erreicht.

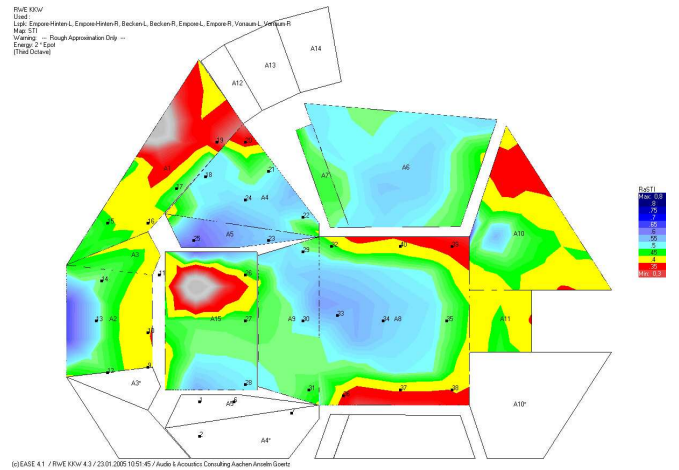


Abbildung 5 Simulation der STI Werte mit EASE Mapping für die gegebene Lautsprecheranordnung

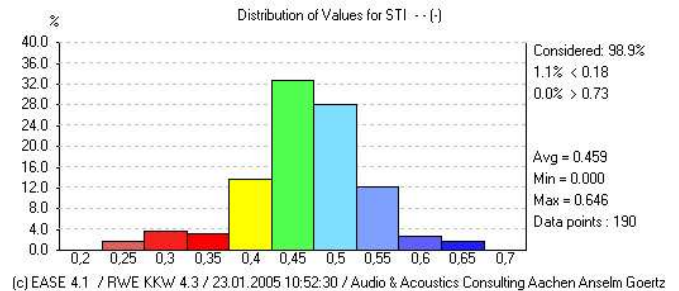


Abbildung 6 STI-Werte Verteilung über alle Hörerflächen (ein Großteil der roten Flächen mit besonders schlechten Werten ist durch Anlageeinbauten belegt und daher nicht relevant)

Fazit

In diesem Beitrag wurde eine nicht nur aus akustischer Sicht sehr kritische Industrieanlage vorgestellt, bei der aus sicherheitstechnischen Gründen flächendeckend Sprachdurchsagen in hinreichend verständlicher Qualität möglich sein müssen. Trotz der sehr langen Nachhallzeit und des hohen Störpegels wurde dieser Anspruch durch den Einsatz moderner DSP gesteuerter Lautsprecherzeilen erfüllt. Der Nachweis wurde durch ausführliche Simulationen und eine Probeinstallation geführt. Letztere ermöglichte für eine extreme Konstellation einen sehr konkreten Vergleich zwischen der Realität und den Ergebnissen unterschiedlicher Simulationsverfahren mit teilweise überraschenden Resultaten.

Literaturhinweise

[1] www.duran-audio.com