

# Variantenstudien zur Beschallung akustischer schwieriger Räume

Anselm Goertz<sup>1</sup>, Michael Makarski<sup>2</sup>, Alfred Schmitz<sup>3</sup>

<sup>1</sup> IFAA Institut für Akustik und Audiotechnik, Herzogenrath, E-Mail: [anselm.goertz@ifaa-akustik.de](mailto:anselm.goertz@ifaa-akustik.de)

<sup>2</sup> IFAA Institut für Akustik und Audiotechnik, Würselen, E-Mail: [michael.makarski@ifaa-akustik.de](mailto:michael.makarski@ifaa-akustik.de)

<sup>3</sup> IFAA Institut für Akustik und Audiotechnik, Korschenbroich, E-Mail: [alfred.schmitz@ifaa-akustik.de](mailto:alfred.schmitz@ifaa-akustik.de)

## Einleitung

Große und stark frequentierte öffentliche Räume, wie Bahnhofshallen oder Flughäfen, erfordern aufwändige Beschallungsanlagen zur Information und Alarmierung der dort anwesenden Personen. Für Sprachalarmierungsanlagen (SAA) gelten strenge Vorgaben der dort zu erreichenden Sprachverständlichkeit. Die messtechnische Bestimmung erfolgt über den STI-Wert, der als Mittelwert abzüglich der Standardabweichung einen Wert von 0,5 nicht unterschreiten darf. Je nach Ausführung der SAA sind bei der Berechnung die einschlägigen Normen [1] zu beachten, die bei Anwendung der VDE 0833-4 [2] für die STI-Berechnung auch die Berücksichtigung des Maskierungseffektes für laute Sprachsignale erfordern. Bei hohen Störpegeln, wie sie z.B. in Gleishallen von Bahnhöfen vorkommen können, werden für einen hinreichenden Störabstand entsprechend hohe Signalpegel benötigt, so dass durch den jetzt zusätzlich zu berücksichtigenden Maskierungseffekt eine deutlich erschwerte Situation entsteht. Dieser Beitrag zeigt am Beispiel einer großen Bahnhofshalle die entsprechenden Berechnung und Lösungsansätze.

## Ausgangssituation und Zielsetzung

Nachhall und Störpegel sind die wesentlichen Einflussgrößen für die Sprachverständlichkeit. Nur wenn beide Größen verlässlich bekannt sind, kann eine zuverlässige Planung einer Beschallungsanlage erfolgen.

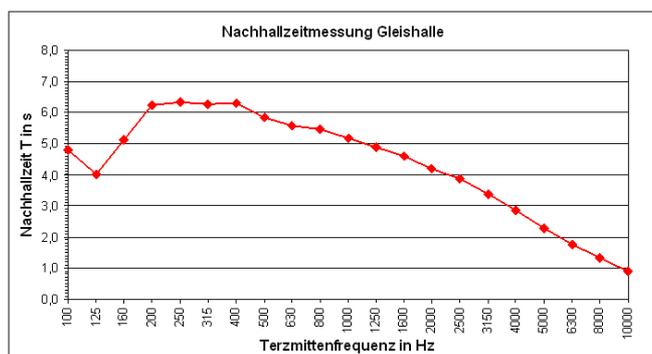


Abbildung 1: Nachhallzeitkurve der Gleishalle

Abbildung 1 zeigt die mittlere Nachhallzeit der Halle in Abhängigkeit von der Frequenz mit Werten von über 6 s. Für die Auswahl der Lautsprecher folgt daraus, dass eine gezielte Beschallung der Publikumsbereiche ohne wesentliche Anregung des Nachhalls zwingend erforderlich ist.

Für die Störpegelbetrachtung wird ein  $L_{eq}$  Wert zu Grunde gelegt, dessen Beurteilungszeitraum von wesentlicher Bedeutung ist. Im Zusammenhang mit Alarmierungsdurchsagen erscheinen eher kurze Zeitspannen

in einer Größenordnung von 30 s sinnvoll, da sich auch die Durchsagen über vergleichbare Zeiträume erstrecken.

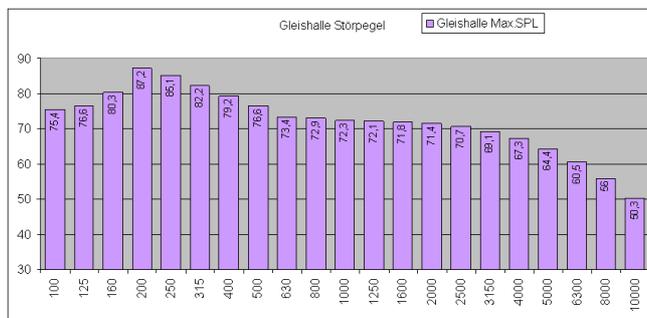


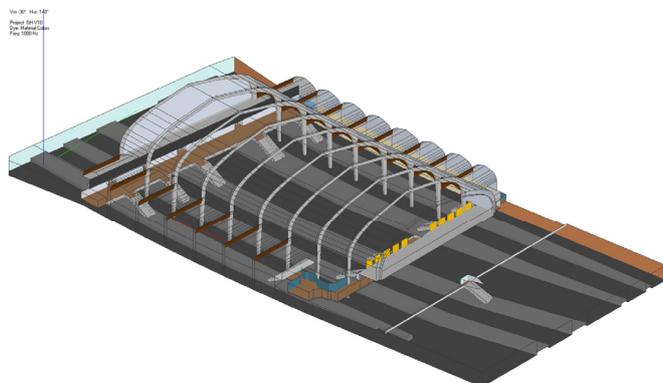
Abbildung 2: Störpegel in der Gleishalle in Terzbändern. Summenpegel: 85 dBA

Für die hier betrachtete Halle wurden über einen längeren Zeitraum Messungen des  $L_{eq}$  mit einem Beurteilungszeitraum von 30 s vorgenommen. Die höchsten dabei zu verzeichnenden Werte lagen bei 85 dBA. Abbildung 2 zeigt die zugehörige spektrale Verteilung mit einem Schwergewicht in den tieferen Frequenzbändern. Für eine hinreichende Sprachverständlichkeit ist daher von einem erforderlichen Sprachsignalpegel von ca. 95 dBA auszugehen. Im Detail betrachtet folgt daraus die Forderungen nach einem S/N in jedem Oktavband von min. 10 dB. Lässt man in dieser Betrachtung das für die Sprachverständlichkeit eher unbedeutenden 125 Hz Oktavband einmal außer Acht, dann bleibt vor allem die Anforderung eines hohen Pegels in den bei Sprache stark vertretenen Oktavbändern von 250 und 500 Hz, womit viele kleine Lautsprecher deutlich überfordert sind. Für die Auswahl der Lautsprecher und die Festlegung der Verstärkerleistung ist des weiteren zu beachten, dass sowohl Sprache wie auch das zur Messung verwendete Sprachersatzsignal einen hohen Crestfaktor von 12-14 dB aufweisen, so dass zu Erzielung entsprechend hoher  $L_{eq}$  Werte für das Sprachsignal erhebliche Peakreserven einzuplanen sind. In der Praxis kann eine Kompression der Signale bis auf einen Crestfaktor von 6 dB sinnvoll sein.

## Modellbau

Für die Planung der Beschallungsanlagen in der hier vorgestellten Gleishalle wurde ein Simulationsmodell (siehe Abbildung 3) erstellt und an die gemessenen Werte der Nachhallzeit angepasst sowie mit dem entsprechenden Störpegelspektrum für die Berechnungen beaufschlagt. In einem ersten Berechnungsschritt mit einem Pinknoise als Anregungssignal für die Lautsprecher wird zunächst die Direktschallpegelverteilung bestimmt und daraus eine Filterfunktion für einen im Mittel geradlinigen Frequenzgang abgeleitet. Anhand der Pegelverteilung für den Frequenzbereich von 1 bis 4 kHz kann zudem die

Gleichmäßigkeit der Ausleuchtung beurteilt werden. Für eine korrekte Berechnung der Sprachverständlichkeit im Zusammenhang mit dem vorliegenden Störgeräusch muß für die Simulation des Signalpegels ein Signalspektrum entsprechend dem eines männlichen Sprechers nach 60268-16 [3] eingesetzt werden. Kleine Lautsprecher sind hier durch die starke Gewichtung des 125 Hz und 250 Hz Oktavbandes schnell überfordert, so dass eine zusätzlich Hochpassfilterung sinnvoll ist.



**Abbildung 3: Simulationsmodell der Bahnhofshalle**

Mit dieser Einstellung kann anschließend eine Berechnung des Direktschall- (DSPL) und Gesamtschallpegels (TSPL) für ein Sprachsignal erfolgen. Die Sprachverständlichkeit lässt sich abschließend in drei Varianten bestimmen.

- STI-Male ohne Noise und ohne Maskierung
- STI-Male mit Noise und ohne Maskierung
- STI-Male mit Noise und mit Maskierung

Nach neuestem Stand der Normen ist für alle automatisch ausgelösten Brandmeldeanlagen die letzte und mit Abstand strengste Variante maßgeblich.

### Beschallungsvarianten und Ergebnisse

Für ähnliche Projekte hatte sich in der Vergangenheit eine gezielt selektive Beschallung der Bahnsteigflächen mit Lautsprechern nahe bei den Zuhörern bewährt. Für die hier vorgestellte Gleishalle wurden drei Konzepte in Betracht gezogen:

- Hochleistungsdipolstrahler mit 16 3“-Treibern auf beiden Seiten des Bahnsteigs in jeweils 15 m Abstand.
- Einzellautsprecher in 4-5 m Höhe in Perlenkettenanordnung in Lichtleisten oder am Trageil auf beiden Seiten des Bahnsteigs mit 5 m Abstand zueinander.
- Kurze passiv gefilterte Lautsprecherzeilen mittig auf dem Bahnsteig in 10 m Abstand als Delayline.

Die nachfolgende Tabelle zeigt die erforderliche Anzahl und Leistung der Lautsprecher für jeweils einen Bahnsteig innerhalb der Halle auf einer Länge von ca. 250 m. Für die Konzepte Dipolstrahler und Perlenkette erfolgt der Anschluss mit einer einfachen A/B-Verkabelung. Das Konzept Delayline erfordert für jeden Lautsprecher eine

eigene Zuleitung und einen eigenen Verstärkerkanal mit Delay-Funktion.

Berechnet wurden die STI-Werte ohne und mit Noise und Maskierung als Mittelwerte (MW) und als Mittelwerte abzüglich der Standardabweichung (MW-STABW).

STI	Noise	Mask	Dipol	Perlenkette	Delay-Line
Anzahl LS	-	-	29	106	21
Leistung [W]	-	-	3000	3000	2100
TSPL* [dBA]	-	-	97	95	92
Noise [dBA]	-	-	85	85	85
STI Werte					
MW	nein	nein	0,63	0,68	0,76
MW	ja	nein	0,59	0,60	0,62
MW	ja	ja	0,54	0,56	0,58
MW-STABW	nein	nein	0,58	0,63	0,70
MW-STABW	ja	nein	0,54	0,55	0,54
MW-STABW	ja	ja	0,50	0,52	0,52

**Tabelle 1 Übersicht der drei Lautsprecherkonzepte mit Pegelwerten und Sprachverständlichkeit**

\*Gesamtschallpegel als  $L_{Aeq}$  für ein Signal mit 6 dB Crestfaktor

### Fazit

Alle drei Beschallungskonzepte führen trotz des langen Nachhalls von über 6 s zu guten Werten der Sprachverständlichkeit, wenn der Störpegel und die Maskierung zunächst außer Acht gelassen werden. Mit Störpegel (Noise) kommt es in Abhängigkeit vom möglichen Signalpegel (TSPL) zu mehr oder weniger starken Verschlechterungen der Werte, die als MW-STABW mit Werten von 0,54 und 0,55 aber immer noch mehr als hinreichend sind. Wird noch der Maskierungseffekt mit einbezogen, dann verschlechtern sich die Werte auf 0,5 bzw. 0,52. Der Maskierungseffekt macht sich dabei umso stärker bemerkbar, je höher der Signalpegel ist. Unter den Randbedingungen langen Nachhalls und hohen Störpegels sollte daher immer versucht werden, zunächst unter dem Aspekt des Nachhalls einen möglichst guten Wert der Sprachverständlichkeit zu erzielen und dann in einem zweiten Schritt den Signalpegel optimal im Sinne einer Abwägung von Störabstand und Maskierung einzustellen.

### Literaturhinweise

- [1] DIN EN 60849 (VDE 0828), Ausgabe:1999-05  
Elektroakustische Notfallwarnsysteme
- [2] DIN VDE 0833-4, Ausgabe 2007-09  
Gefahrenmeldeanlagen für Brand, Einbruch und Überfall - Teil 4: Festlegungen für Anlagen zur automatischen Sprachalarmierung im Brandfall
- [3] DIN EN 60268-16, Ausgabe: 2004-01  
Elektroakustische Geräte - Teil 16: Objektive Bewertung der Sprachverständlichkeit durch den Sprachübertragungsindex