

Raumakustik, Beschallungstechnik und Sprachverständlichkeit im Zusammenhang mit SAA und ENS

Alfred Schmitz - IFAA Anselm Goertz - IFAA

ZVEI-Tagung am 6. Nov. 2014

Elektroakustische Notfallwarnsysteme (ENS) und Sprachalarmanlagen (SAA)

Übersicht



Raumakustik und Sprachverständlichkeit

Grundlagen

1.	Grundlagen zum Thema Sprachverständlichkeit	4-9
2.	Sprachverständlichkeit und STI Werte	10-20
3.	Normen für SAA und ENS sowie andere Vorgaben	10-20
4.	Planung von Lautsprecheranlagen	21-32
_		
Be	<u>ispiel</u>	
5.	Bahnsteighalle	33-44
6	Was bedeutet der Crestfaktor?	45-48



8. Fazit

49-56

57-61

7. Simulationen und deren Ergebnisse sowie Aussagekraft











ZVEI Akademie zum Thema ENS und SAA Raumakustik, Beschallungstechnik und Sprachverständlichkeit im Zusammenhang mit SAA und ENS von Anselm Goertz

V2014_1 Folie 3

Die Beschallungsanlage



- Nur zur Information und Unterhaltung
- Sprachalarmanlage (SAA) oder Notfallwarnsystem (ENS)
- Gemeinsames minimales Ziel:
 Eine hinreichende Sprachverständlichkeit
- Störende Einflüsse:



• Störgeräusche (Signal/Noise respektive Störabstand)



Nachhall (Raumakustik)



• zu niedriger Pegel (Hörschwelle)



• zu hoher Pegel (Maskierung)

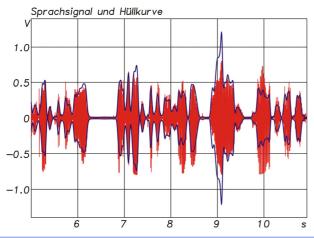


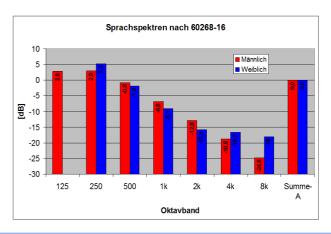
Wann ist Sprache gut verständlich?



Sprache ist ein moduliertes Signal

- ⇒ Der Informationsgehalt wird großteils über die Modulation transportiert
- ⇒ Nachhall, Störgeräusche und Bandbegrenzungen führen zum Verlust von Modulationstiefe im Signal und somit zum Informationsverlust, d.h. zur einer reduzierten Sprachverständlichkeit
- ⇒ Modulationsfrequenzen bis 20 Hz
- ⇒ Spektrale Zusammensetzung in den 7 Oktavbänder von 125 Hz bis 8 kHz





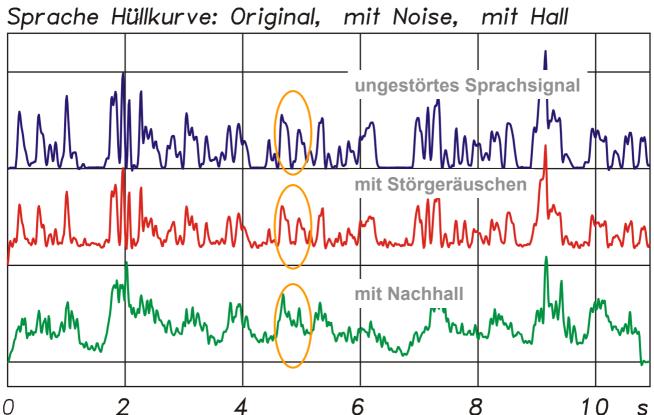
ZVEI Akademie zum Thema ENS und SAA

Raumakustik, Beschallungstechnik und Sprachverständlichkeit im Zusammenhang mit SAA und ENS von Anselm Goertz

V2014_1 Folie 5

Modulationsverlust durch Störgeräusche und Nachhall





Problem Nr. 1 Störgeräusche



- Störgeräusche sind meist sowohl zeitlich wie auch in der der spektralen Zusammensetzung stark schwankend und damit nur schwer eindeutig zu definieren
- Meist nur Anhaltspunkt: ... bis zu 65, 75, 85, ... dBA
- Entscheidend ist nicht das Störgeräusch als solches, ...
- ... sondern das Verhältnis vom Sprachsignalpegel zum Störpegel
- Lösung: hinreichend laute Sprachwiedergabe, aber ...
 - ab einem gewissen Pegel wird die Verständlichkeit durch den Maskierungseffekt wieder schlechter
 - Zeitlich schwankender Störpegel erfordert auf jeden Fall eine automatische Pegelanpassung, da die Anlage sonst zumindest zeitweise viel zu laut wäre
 - der Aufwand für die Beschallungsanlage sollte in einem angemessenen Verhältnis bleiben (z.B. Köln HBF: ca. 3 kW Leistung pro Bahnsteig)

ZVEI Akademie zum Thema ENS und SAA
Raumakustik, Beschallungstechnik und Sprachverständlichkeit im Zusammenhang mit SAA und ENS von Anselm Goertz

V2014_1

Folie 7

Problem Nr. 2 Nachhall



- Nachhall entsteht primär durch große Hallen mit vielen schallharten Flächen (Glas, Beton, Steinzeug, Blech, ...)
- Ab 1,5 s Nachhallzeit bedarf es spezieller Beschallungskonzepte
- Entscheidend ist es, hier möglichst viel Direktschall aus den Lautsprechern zu den Zuhörern zu bringen und den Nachhall so wenig wie möglich anzuregen
- Lösungen:
 - wenige stark bündelnde Lautsprecher auf die Hörerflächen richten (guter Ansatz für große Hallen etc., da große freie Weglängen erforderlich sind)
 - viele kleine Lautsprecher so nahe wie möglich an die Zuhörer bringen (guter Ansatz für Teilflächenbeschallung oder zerklüftete Flächen)
 - Raumakustische Maßnahmen wären der Königsweg, sind aber nur in den seltensten Fällen möglich.

Beispiele für akustische Randbedingungen



- Lange Nachhallzeiten (>1,5 s)
 - Zum Vergleich
 - Kirchen 2 10 s
 - Straßentunnel 10 30 s
 - Stadien 2 6 s
 - Bahnhöfe 2 5 s
- → hohe Anforderungen an das Richtverhalten der Lautsprecher
- Störpegel (> 70 dBA)
- Wichtige Randbedingung in lauter Umgebung

Wichtige Randbedingung in

großen Hallen!

- Zum Vergleich
 - Kirchen <70 dBA ⇒ Signalpegel bei Sprache max. 80 dBA
 - Bahnhöfe 85 dBA ⇒ Signalpegel bei Sprache min. 95 dBA
 - Sportstätten 95 dBA ⇒ Signalpegel bei Sprache min. 105 dBA
- → Gehobene Anforderungen an den Maximalpegel
- Handelt es sich zusätzlich um eine SAA dann kommt hinzu:
 - Mindestwerte für die Sprachverständlichkeit im Normal- und Havariebetrieb nach VDE 0833-4
 - Überwachung der Anlage, Ausfallsicherheit, etc....
 - Komponenten nach EN54-...

ZVEI Akademie zum Thema ENS und SAA

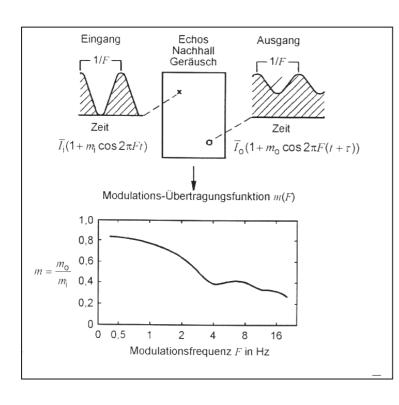
Raumakustik, Beschallungstechnik und Sprachverständlichkeit im Zusammenhang mit SAA und ENS von Anselm Goertz

V2014_1

Folie 9

Die Modulationsübertragungsfunktion (MTF)





Objektive messtechnische Bewertung der Sprachverständlichkeit durch den STI (Speech Transmission Index)

Aus der Messung des Verlustes an Modulationstiefe in 98 Variationen wird der STI Wert berechnet.

Dabei werden berücksichtigt:

- Nachhall
- Signal-/Störabstand
- Hörschwelle
- Maskierung
- · div. Andere Effekte ...

STI Wertebereich zwischen 0 und 1



STI-Wert	Einstufung nach EN 60268-16
00,3	schlecht
0,30,45	schwach
0,450,6 0,5	angemessen
0,60,75	gut
0,751	ausgezeichnet

Der Mindestwert für eine SAA oder ENS liegt bei 0,5 (0,45).

ZVEI Akademie zum Thema ENS und SAA

Raumakustik, Beschallungstechnik und Sprachverständlichkeit im Zusammenhang mit SAA und ENS von Anselm Goertz

V2014_1 Folie 11

STI Anforderung aus der EN 60268-16 von 2011



Examples of STI qualification bands and typical applications

The information in the Table G.1 is presented as an example of usage.

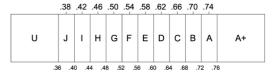
Table G.1 – Examples between STI qualification bands and typical applications

Category	Nominal STI value	Type of message information	Examples of typical uses (for natural or reproduced voice)	Comment	
A+	>0,76		Recording studios	Excellent intelligibility but rarely achievable in most environments	
A	0,74	Complex messages, unfamiliar words	Theatres, speech auditoria, parliaments, courts, Assistive	High speech	
В	0,7	Complex messages, unfamiliar words	Hearing Systems (AHS)	intelligibility	
С	0,66	Complex messages, unfamiliar words	Theatres, speech auditoria, teleconferencing, parliaments, courts	High speech intelligibility	
D	0,62	Complex messages, familiar words	Lecture theatres, classrooms, concert halls	Good speech intelligibility	
E	0,58	Complex messages, familiar context	Concert halls, modern churches	High quality PA systems	
F	0,54	Complex messages, familiar context	PA systems in shopping malls, public buildings offices, VA systems, cathedrals	Good quality PA systems	
G	0,5	Complex messages, familiar context	Shopping malls, public buildings offices, VA systems	Target value for VA systems	
Н	0,46	Simple messages, familiar words	VA and PA systems in difficult acoustic environments	Normal lower limit for VA systems	
I.	0,42	Simple messages, familiar context	VA and PA systems in very difficult spaces		
J	0,38		Not suitable for PA systems		
U	<0,36		Not suitable for PA systems		

NOTE 1 These values should be regarded as minimum target values.

NOTE 2 Perceived intelligibility relating to each category will also depend on the frequency response at each listening position.

NOTE 3 The STI values refer to measured values in sample listening positions or as required by specific application standards.



- Anforderung detailliert nach Nutzung und Räumlichkeit
- die geforderten Werte sind als Mittelwerte abzüglich der Standardabweichung zu verstehen (?)
- Tabelle nur zur Orientierung!

Normen über Sprachverständlichkeit



- IEC 60268-16
 Elektroakustische Geräte
 Objektive Bewertung der Sprachverständlichkeit durch den Sprachübertragungsindex
- DIN EN 60849 (IEC 60849 und VDE 0828)
 Elektroakustische Notfallwarnsysteme
- DIN VDE 0833-4
 Messverfahren zur Bestimmung des Sprachübertragungsindex STI
- EN 54-24 (Produktnorm)
 Brandmeldeanlagen Teil 24: Komponenten für Sprachalarmierungssysteme - Lautsprecher

ZVEI Akademie zum Thema ENS und SAA

Raumakustik, Beschallungstechnik und Sprachverständlichkeit im Zusammenhang mit SAA und ENS von Anselm Goertz

V2014_1 Folie 13

Bestimmung des STI Mindestwertes



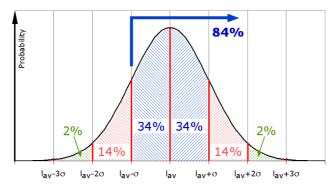
- Arithmetischer Mittelwert Standardabweichung ≥ 0,5
- $I_{av} \sigma \ge 0.5$

$$I_{av} = \frac{1}{n} (a_1 + a_2 + \dots + a_n)$$

Messraster: 6 m (Empfehlung)

$$\sigma = \sqrt{\frac{n \cdot \sum_{1}^{n} a^{2} - \left(\sum_{1}^{n} a\right)^{2}}{n(n-1)}}$$

Normal Distribution





STI-Wert	CIS-Wert	Alcons in %	Einstufung EN 60268	Silbenverständ- lichkeit in %	Wortverständ- lichkeit in %	Satzverständ- lichkeit in %
00,3	00,48	10036	schlecht	032	037	075
0,30,45	0,480,65	3617	schwach	3261	3768	7593
0,450,6	0,650,78	178	angemessen	6185	6888	9398
0,60,75	0,780,87	83,6	gut	8598	8898	98100
0,751	0,871	3,61	ausgezeichnet	98100	98100	100

ZVEI Akademie zum Thema ENS und SAA

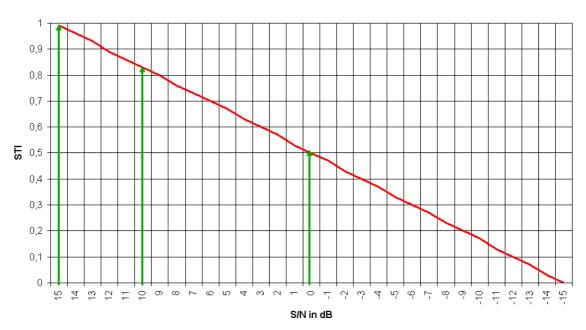
V2014_1 Folie 15

Raumakustik, Beschallungstechnik und Sprachverständlichkeit im Zusammenhang mit SAA und ENS von Anselm Goertz

Signal- und Störpegel beim STI

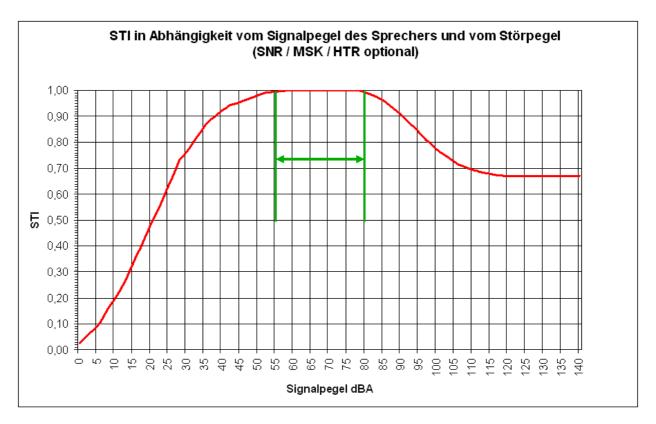


STI in ausschließlicher Abhängigkeit vom S/N bei 65 dBA Signalpegel



Verdeckung und Hörschwelle beim STI





ZVEI Akademie zum Thema ENS und SAA

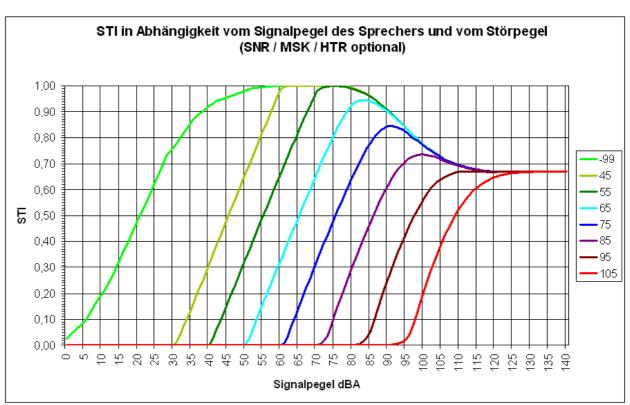
Raumakustik, Beschallungstechnik und Sprachverständlichkeit im Zusammenhang mit SAA und ENS von Anselm Goertz

V2014_1

Folie 17

Verdeckung und Hörschwelle beim STI





Normen über Sprachverständlichkeit





DIN EN 60849 (VDE 0828), Ausgabe:1999-05
Elektroakustische Notfallwarnsysteme (IEC 60849:1998); Deutsche Fassung EN 60849:1998

 DIN EN 60268-16, <u>Ausgabe: 1998</u>
 Elektroakustische Geräte - Teil 16: Objektive Bewertung der Sprachverständlichkeit durch den Sprachübertragungsindex (ohne Berücksichtigung des Verdeckungseffektes)



 DIN VDE 0833-4, VDE 833-4: 2007-09
 Gefahrenmeldeanlagen für Brand, Einbruch und Überfall - Teil 4: Festlegungen für Anlagen zur <u>automatischen</u> Sprachalarmierung im Brandfall

■ **DIN EN 60268-16**, <u>Ausgabe: 2011</u>

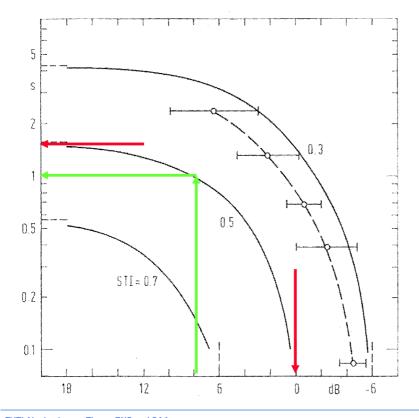
Elektroakustische Geräte - Teil 16: Objektive Bewertung der Sprachverständlichkeit durch den Sprachübertragungsindex (mit Berücksichtigung des Verdeckungseffektes)

ZVEI Akademie zum Thema ENS und SAA Raumakustik, Beschallungstechnik und Sprachverständlichkeit im Zusammenhang mit SAA und ENS von Anselm Goertz

V2014_1 Folie 19

Abhängigkeit des STI von der Nachhallzeit und vom S/N





- Kurven für nicht gerichtete Quellen z.B.:
- Deckenlautsprecher
- Einfache Breitbandsysteme etc.
- Bei mehr als 1,5 s
 Nachhallzeit sind
 entweder
 raumakustische
 Maßnahmen oder
 speziell richtende
 Lautsprecher
 erforderlich

Wie plant man die Beschallungsanlage?



Ausgangssituation:

- Nachhallzeit in Oktav- oder Terzbändern (Mittelwert nur als Anhaltspunkt)
- Störpegel in Oktav- oder Terzbändern (A-bew. Summenpegel nur als Anhaltspunkt)
 - zeitlicher Verlauf des Störpegels
- einzuhaltenden Normen
 - 60849 für Notfallwarnsysteme (ENS)
 - VDE 0833-4 für Sprachalarmanlagen (SAA)
- · weitere Randbedingungen
 - Denkmalschutz
 - spätere Ein- oder Umbauten
 - Störung des Umfeldes
- weitere Fragen
 - Welche Lautsprecherpositionen sind möglich?
 - Sind aktive Lautsprecher möglich (VDE 0833-4 und EN54)?
 - Wie sieht die Notstromversorgung aus ?

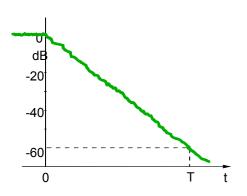
ZVEI Akademie zum Thema ENS und SAA

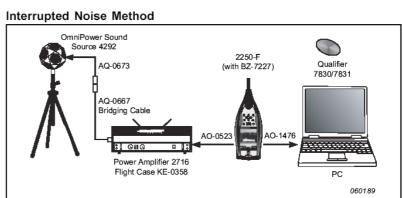
Raumakustik, Beschallungstechnik und Sprachverständlichkeit im Zusammenhang mit SAA und ENS von Anselm Goertz

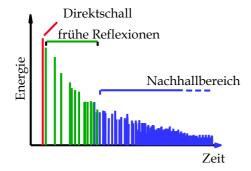
V2014_1 Folie 21

Nachhallzeitmessung

















Gehörschützer Knallquelle

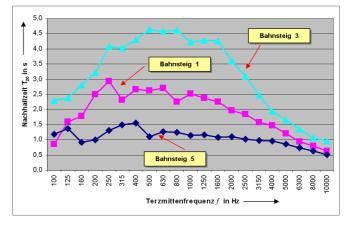
e Handschallpegelmesser

Stativ

Beispiel einer Nachhallzeitmessung in der Gleishalle Köln







- In der Halle hohe Werte von bis zu 4,5 s im mittleren Frequenzbereich
- deutlicher Abfall zu hohen und tiefen Frequenzen
- In den Randbereichen teilweise (BS1) oder ganz (BS5) außerhalb der Halle wesentlich niedrigere Werte

ZVEI Akademie zum Thema ENS und SAA Raumakustik, Beschallungstechnik und Sprachverständlichkeit im Zusammenhang mit SAA und ENS von Anselm Goertz V2014_1

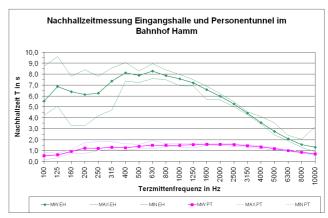
Folie 23

Beispiel einer Nachhallzeitmessung





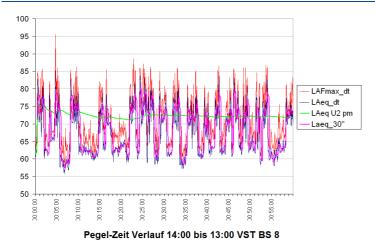




- In der Halle extrem hohe Werte von bis zu 9 s im tieferen Frequenzbereich
- Abfall erst zu den hohen Frequenzen hin
- keine raumakustischen Maßnahmen
- Im Personentunnel mit ca. 1,8 s gemäßigte Werte, die jedoch ohne Raumakustik auch grenzwertig sind.

Analyse des Störpegels





2 8 8 8

- Mittlungsdauer
- Häufigkeit lauter Ereignisse
- Dauer in Relation zu einer Ansage (Türschlagen)
- Werden Ansagen wiederholt?
- Welche spektrale Verteilung liegt vor?
- Relation zum Sprachsignal?
- Toleranzbereich für das "Nichtverstehen"

ZVEI Akademie zum Thema ENS und SAA Raumakustik, Beschallungstechnik und Sprachverständlichkeit im Zusammenhang mit SAA und ENS von Anselm Goertz

6

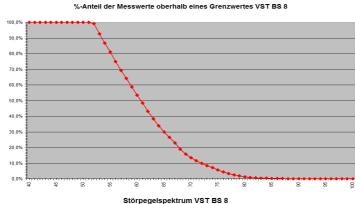
V2014_1

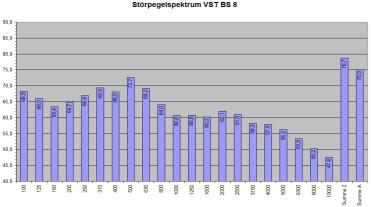
Folie 25

Störpegelbetrachtung

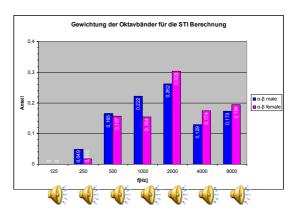
2







- Summenpegel (A-bew.)
- Oktavbandwerte
- unterschiedliche
 Bedeutung der
 Oktavbänder für die
 Sprachverständlichkeit



Störpegelbewertung und dessen Berücksichtigung



- Es gibt keine klaren Regeln zur Erfassung des Störpegels und des zugehörigen Störspektrums
- Die Festlegung des Störpegels unterliegt daher unweigerlich einer gewissen "Willkür"
- konstanter Störpegel liegt nur in den wenigsten Fällen vor
- streng betrachtet muß jedes Oktavband 15 dB S/N erreichen
- Überdimensionierung wären dabei fast unvermeidlich die Folge (3 dB mehr bedeuten jeweils die doppelte Verstärkerleistung)

ZVEI Akademie zum Thema ENS und SAA
Raumakustik, Beschallungstechnik und Sprachverständlichkeit im Zusammenhang mit SAA und ENS von Anselm Goertz

V2014_1 Folie 27

Welcher S/N ist erforderlich?



Allgemein akzeptierte Vorgehensweise:

- > Einen sinnvollen Summenpegel für den Störpegel ansetzen
- Den Nachweis führen, dass breitbandig betrachtet
 10 bis 15 dB S/N erreicht werden
- Das Störspektrum bleibt unklar und wird daher bei der weiteren STI Berechnung nicht mehr berücksichtig

Aufgrund der besonderen Bedeutung des Alarmierungspegels für die erreichbare Sprachverständlichkeit, sowohl im Hinblick auf den verfügbaren Signal-Stör-Abstand als auch auf die pegelabhängige Maskierung, muss dieser, ebenso wie der Störschallpegel, planerisch festgelegt werden.

ANMERKUNG In der Regel gelten Signal-Stör-Abstände von 6 dB bis 15 dB als ausreichend. Es ist jedoch unbedingt der Einzelfall zu betrachten.

? Wie ist überhaupt der Signalpegel zu bestimmen ? → ab Folie 43

Welche Bandbreite wird benötigt?



Oktavband [Hz]	STI	Oktavbänder [Hz]	STI
125	1	125 , 250	0,951 🀠
250	1	250 , 500	0,871
500	0,913	500, 1k	0,691
1k	0,843	1k , 2k	0,581
2k	0,749	2k , 4k	0,620
4k	0,918	4k , 8k	0,745
8k	0,922	-	-

Tabelle 5.2 STI für einen männlichen Sprecher bei völligem Modulationsverlust in einem oder zwei benachbarten Oktavbändern bei ansonsten optimalen Bedingungen.

Wird das Sprachsignal mit Telefonbandbreite 300 Hz - 3 kHz übertragen, dann reduziert sich der maximal erreichbare STI Wert auf ca. 0,7.



Die spektrale Zusammensetzung möglicher Störgeräusche hat in der Realität eine so große Spannweite, dass in den Berechnungen nur in Form einer Annäherung mit gemittelten Spektren gearbeitet werden kann.

ZVEI Akademie zum Thema ENS und SAA

Raumakustik, Beschallungstechnik und Sprachverständlichkeit im Zusammenhang mit SAA und ENS von Anselm Goertz

V2014_1 Folie 29

Anforderungen an eine Beschallung



- <u>Hinreichende</u> Sprachverständlichkeit STI_{MW-STABW} ≥ 0,5
- Ausreichender hoher Sprachsignalpegel S/N > 10 dB
- Flexible Anpassung an den aktuellen Bedarf (Tag/Nacht/Alarm)
- Störpegelmessung und Anpassung?
- Möglichst wenig Übersprechen in andere Bereiche
- Eigenschaften bei Sammelruf beachten
- Havariebetrieb ist zu beachten
- Ständige Funktionskontrolle

Wann ist eine Simulation sinnvoll?



Warum ?

- Bei schwierigen akustischen Verhältnissen
 - lange Nachhallzeit
 - Rückwirkungen verschiedener Bereiche aufeinander
 - Echogefahr
- Bei grenzgängigen Konzepten
 - werden die Vorgaben knapp erreicht oder nicht?
 - > Sprachverständlichkeit
 - ➤ Signal/Noise
 - Maximalpegel
- Bei unbekannten Komponenten
 - neue Lautsprecher
 - neue Absorber

■ Wofür?

- Berechnung der raumakustischen Verhältnisse bei neu zu bauenden oder einzurichtenden Räumen
- Beurteilung und Vergleich
 - raumakustischer Maßnahmen
 - verschiedener Beschallungskonzepte
 - Auswirkung von Publikum und dem Besetzungsgrad
- Funktionsnachweis bei der Ausschreibung oder Planung
 - EN 60849
 - VDE 0833-4
 - Frequenzgang /Pegelverteilung
 - Signal/Noise
 - Immissionsschutz
 - ...

ZVEI Akademie zum Thema ENS und SAA

Raumakustik, Beschallungstechnik und Sprachverständlichkeit im Zusammenhang mit SAA und ENS von Anselm Goertz

V2014_1 Folie 31

Wie wird eine Simulation aussagekräftig?



Ausgangsparameter

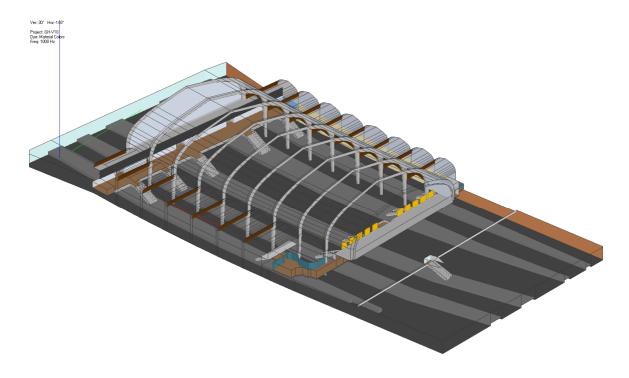
- Raumakustik
 - Modellbau nach Planlage
 - Absorberdaten aus Datenbanken oder von den Herstellern
 - Wenn mögliche Nachhallzeit messen und das Modell sinnvoll anpassen
 - Streugrade aus Datenbanken oder Schätzwerte
 - Publikumsflächen und Besetzungsgrade
- Lautsprecher
 - vertrauenswürdige Datensätze?
 - Plausibilitätscheck !!
 - Vergleich mit anderen Messungen
- Mit welchem Anregungssignal wird gerechnet?
 - spektrale Verteilung
 - Crestfaktor
- · Welcher Störpegel wird angenommen?
- Werden psychoakustische Aspekte wie Maskierung und Hörschwelle berücksichtigt?

Ergebnisdarstellung

- Nachhallzeiten
 - statistisch nach Sabine oder Eyring
 - mit Raytracing berechnet
- Pegelverteilung
 - Gleichmäßige HF Abdeckung
 - ausgeglichener Frequenzgang
 - DSPL (Direktschallpegel)
 - TSPL (Gesamtschallpegel)
- Sprachverständlichkeit
 - Exciter nach 60268-16
 - Störpegelannahme
 - Maskierung/Hörschwelle
- Musik
 - Exciter EIA-426B oder angepasst
- Allgemeine Angaben
 - Raster des Mappings
 - Symmetrien genutzt
 - Berechnete Impulsantwortlänge
 - Teilchenzahl bei der Berechnung

Beispiel Gleishalle





(c) EASE 4.3 / HBF Gleishalle GH-V10 / 05/12/2010 17:53:57 / Audio & Acoustics Consulting Aachen Anselm Goes

ZVEI Akademie zum Thema ENS und SAA

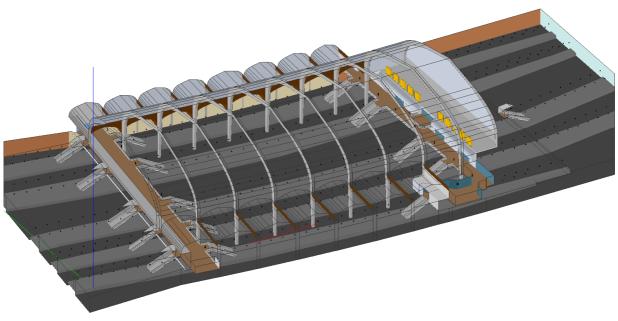
Raumakustik, Beschallungstechnik und Sprachverständlichkeit im Zusammenhang mit SAA und ENS von Anselm Goertz

V2014_1 Folie 33

Tragseilkonzept auf den Bahnsteigen innen



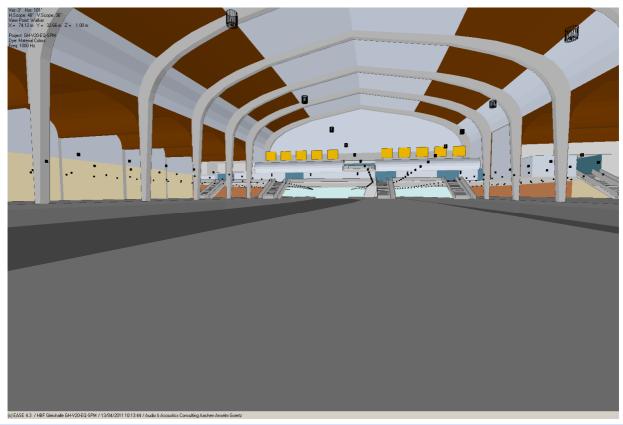
Ver.-30° Hor: 150° Project: GH-V20-EQ-SPM Dye: Material Colors Freq: 1000 Hz



(c) EASE 4.3 / HBF Gleishalle GH-V20-EQ-SPM / 13/04/2011 10:09:52 / Audio & Acoustics Consulting Aachen Anselm Goe

Tragseilkonzept auf den Bahnsteigen innen





ZVEI Akademie zum Thema ENS und SAA

 $Raumakustik, Beschallungstechnik \ und \ Sprachverständlichkeit \ im \ Zusammenhang \ mit \ SAA \ und \ ENS \ von \ Anselm \ Goertz$

V2014_1

Folie 35

Tragseilkonzept in der Ausführung



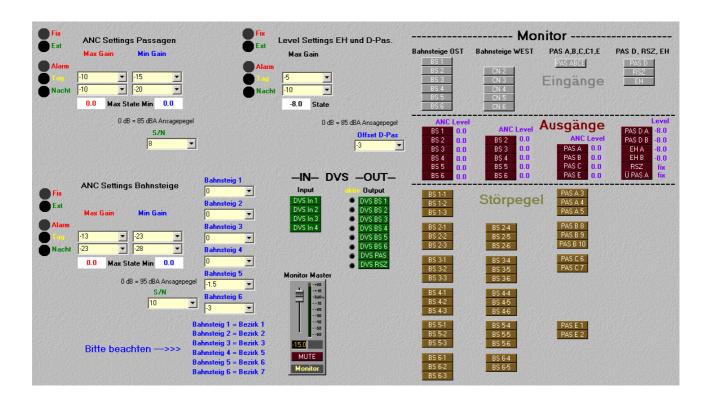






Anlagensteuerung und Überwachung





ZVEI Akademie zum Thema ENS und SAA

V2014_1

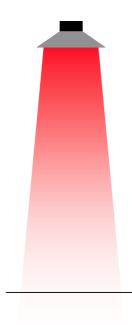
Raumakustik, Beschallungstechnik und Sprachverständlichkeit im Zusammenhang mit SAA und ENS von Anselm Goertz

Folie 37

Problem vieler Lautsprecher bei Nachhall



- Farbintensität = Lautstärke
- Kontrast zum Umfeld = Modulationstiefe = Sprachverständlichkeit



Problem vieler Lautsprecher bei Nachhall



- Farbintensität = Lautstärke
- Kontrast zum Umfeld = Modulationstiefe = Sprachverständlichkeit



ZVEI Akademie zum Thema ENS und SAA

Raumakustik, Beschallungstechnik und Sprachverständlichkeit im Zusammenhang mit SAA und ENS von Anselm Goertz

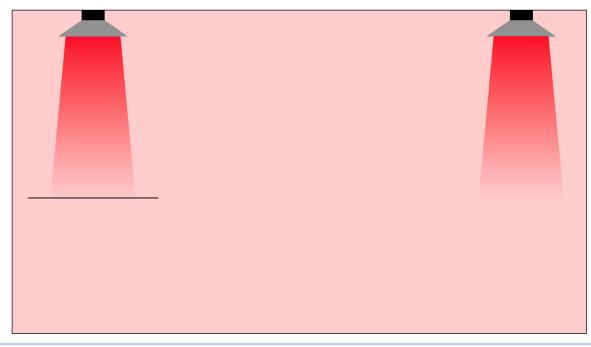
V2014_1

Folie 39

Problem vieler Lautsprecher bei Nachhall



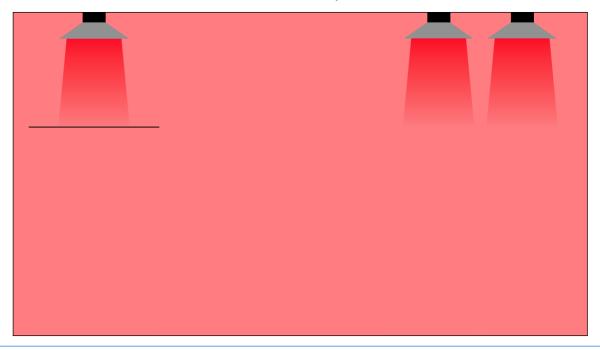
- Farbintensität = Lautstärke
- Kontrast zum Umfeld = Modulationstiefe = Sprachverständlichkeit



Problem vieler Lautsprecher bei Nachhall



- Farbintensität = Lautstärke
- Kontrast zum Umfeld = Modulationstiefe = Sprachverständlichkeit



ZVEI Akademie zum Thema ENS und SAA

Raumakustik, Beschallungstechnik und Sprachverständlichkeit im Zusammenhang mit SAA und ENS von Anselm Goertz

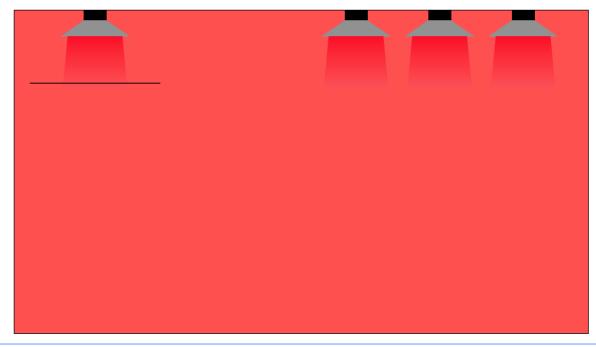
V2014_1

Folie 41

Problem vieler Lautsprecher bei Nachhall

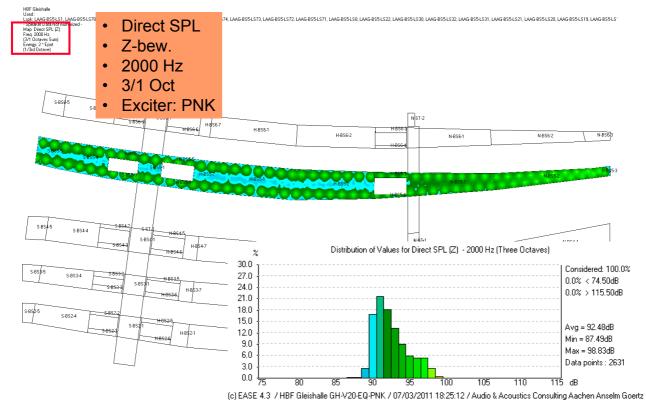


- Farbintensität = Lautstärke
- Kontrast zum Umfeld = Modulationstiefe = Sprachverständlichkeit



Simulationen Bahnsteig 5 innen DSPL 1-4 kHz





(c) EASE 4.3 / HBF Gleishalle GH-V20-EQ-PNK / 07/03/2011 18:24:53 / Audio & Acoustics Consulting Aachen Anselm Goerts

ZVEI Akademie zum Thema ENS und SAA

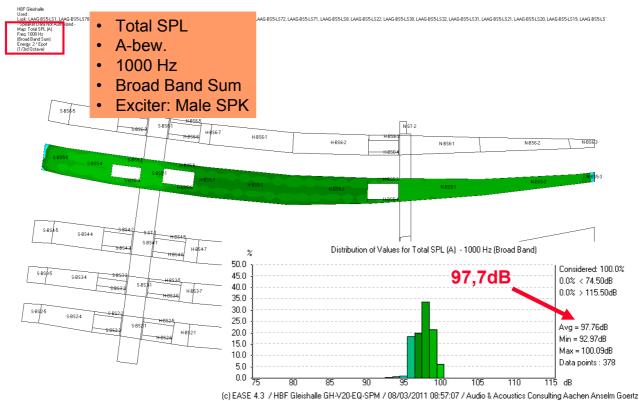
Raumakustik, Beschallungstechnik und Sprachverständlichkeit im Zusammenhang mit SAA und ENS von Anselm Goertz

V2014_1

Folie 43

Simulationen Bahnsteig 5 innen TSPL Sprache BB





(c) EASE 4.3 / HBF Gleishalle GH-V20-EQ-SPM / 08/03/2011 08:56:39 / Audio & Acoustics Consulting Aachen Anselm Go

Was bedeutet der Crestfaktor?



- Simulationen werden mit RMS
 Leistungswerten für die
 Lautsprecher gerechnet
 (Mittelwert über einen längeren Zeitraum)
- Auf akustischer Seite gibt es dazu einen vergleichbaren L_{eq} Schalldruckwert (SPL) (Energieäquivalenter Dauerschallpegel)
- Beispiel: Lautsprecher A erzeugt mit 10 W
 Leistung in 1 m Abstand einen
 SPL von 100 dB
- Wann wird eine RMS Leistung von 10 W erreicht?

- Crestfaktor: Verhältnis in einem Signal vom Spitzenwert zum Mittelwert (Peak/RMS)
- Verstärkerleistungen werden als RMS-Werte für Sinussignale angegeben, d.h. für Signale mit 3 dB Crestfaktor
- Crestfaktoren:

Sinussignal: 3 dBSprache: 12 - 20 dBMusik: 9 - 20 dB

Rechteck: 0 dB

ZVEI Akademie zum Thema ENS und SAA Raumakustik, Beschallungstechnik und Sprachverständlichkeit im Zusammenhang mit SAA und ENS von Anselm Goertz

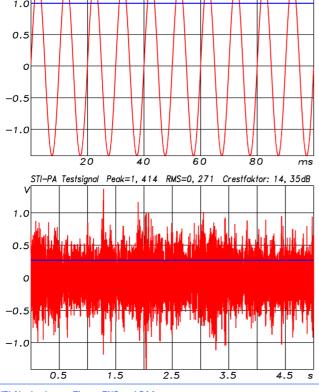
V2014_1

Folie 45

Messbare Schalldruckwerte

Sinussignal 100Hz Peak=1, 414 RMS=1, 0 Crestfaktor: 1, 414 = 3dB





- Sprachsignal(unverändert) Peak=1, 414 RMS=0, 196 Crestfaktor: 17, 2dB

 1.0

 0.5

 -1.0

 0.5

 1.5

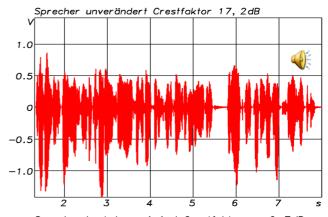
 2.5

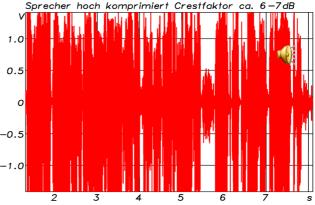
 3.5

 4.5 s
 - SPL Messwerte bei Vollaussteuerung des Verstärkers bis zur Clipgrenze:
 - mit Sinussignal: 100 dB
 - mit STI-PA Testsignal: 89 dB
 - · mit Sprache: 86 dB
 - Messung der Pegelwerte für die STI Berechnung immer als <u>lin.-bew.</u> Leq für die Oktavbänder von 125 – 8k
 - Exciter: Sprachersatzrauschen (z.B.: STI-PA Noise)



- Größere Verstärker:
 - Um ein Signal mit 14 dB Crestfaktor mit 10 W RMS Leistung unverzerrt zu übertragen, wäre ein Verstärker mit 125 W Leistung erforderlich!
 - ... unverhältnismäßig!
- Alternative: Signal komprimieren
- Zielwert: Crestfaktor 6 dB
- Der messtechnisch erreichbare Wert ist dann nur noch 3 dB geringer als der Wert aus der Simulation.
- ... oder Verstärker mit 3 dB Peakreserve einsetzen.
- Theoretischer Verlust im STI-Wert durch die Kompression von 1 auf 0,89





ZVEI Akademie zum Thema ENS und SAA

Raumakustik, Beschallungstechnik und Sprachverständlichkeit im Zusammenhang mit SAA und ENS von Anselm Goertz

V2014_1

Folie 47

Signalkompression bei der STI Messung?



F.8 Maximaler Schalldruckpegel

Zur Bestimmung des bei Brandfalldurchsagen erreichbaren Maximalpegels ist wie folgt vorzugehen:

- In die SAA ist ein Testsignal (Rauschen) einzuspeisen, dessen Frequenzspektrum und Crest-Faktor einem typischen Sprachsignal entspricht. Für das Frequenzspektrum sind hierbei die Vorgaben aus DIN EN 60268-16 zu berücksichtigen. Der Crest-Faktor (Verhältnis Spitzenwert zu Effektivwert) sollte etwa 12 dB betragen.
- Die Sprachalarmanlage ist auf die maximal mögliche Lautstärke einzustellen, wobei sich die SAA im Brandfallbetrieb befindet.
- Zur Ermittlung eines Nutzsignalspektrums (zum Zweck einer Korrektur nach F.6) ist mit Hilfe geeigneter Oktavbandfilter der unbewertete äquivalente Dauerschalldruckpegel in den einzelnen Frequenzbändern für mindestens 16 s an den repräsentativen Analysepunkten des Wirkungsbereichs zu bestimmen, wobei sich die SAA im Brandfallbetrieb befindet.
- Zur Ermittlung eines Einzahlenwertes ist der A-bewertete äquivalente Dauerschalldruckpegel (L_{Aeq}) für mindestens 16 s an den repräsentativen Punkten des Wirkungsbereichs zu messen, wobei sich die SAA im Brandfallbetrieb befindet.
- Durch geeignete Dynamikbearbeitung (z. B. Kompressoren) ist es möglich, den Crest-Faktor eines Sprachsignals zu verringern. Auf diese Weise kann bei konstantem Spitzenpegel der äquivalente Dauerschallpegel und damit ggf. der Signal-Stör-Abstand und somit die Sprachverständlichkeit erhöht werden.

Verfügt die SAZ über eine entsprechende Signalverarbeitung, ist das Spektrum des maximalen Schalldruckpegels mit eingeschalteter Dynamikbearbeitung zu ermitteln.

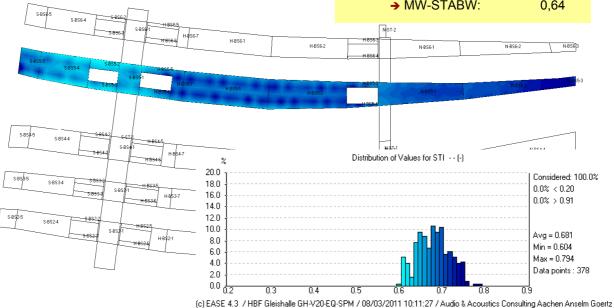
ANMERKUNG: Es wird darauf hingewiesen, dass bei der Bestimmung der Sprachverständlichkeit alle dynamikverändernden Elemente im Signalweg deaktiviert sein müssen, um Fehlmessungen zu vermeiden. Siehe auch F.4 sowie G.3.2.

Bahnsteig 5 innen STI ohne Noise und ohne Maskierung



HBF Glishable

| Under! | ESSES_SES_11_LAGE 855L576, LAGE 855L576, LAGE 855L576, LAGE 855L576, LAGE 855L574, LAGE 855L572, LAGE 855L572, LAGE 855L527, LAGE 855L530, LAGE 855L530, LAGE 855L530, LAGE 855L531, LAGE



(c) EASE 4.3 / HBF Gleishalle GH-V20-EQ-SPM / 08/03/2011 10:19:13 / Audio & Acoustics Consulting Aachen Anselm Goe

ZVEI Akademie zum Thema ENS und SAA

 $Raumakustik, Beschallungstechnik \ und \ Sprachverst" \ and \ im \ Zusammenhang \ mit \ SAA \ und \ ENS \ von \ Anselm \ Goertz$

V2014_1 Folie 49

Bahnsteig 5 innen STI mit Noise und mit Maskierung



→ STI mit 85 dBA Noise → MW: 0,56 → MW-STABW: 0,53 H-BS6-1 Distribution of Values for STI +N (Mask.) -- (-) 20.0 Considered: 100.0% 18.0 S-BS3-0.0% < 0.20 16.0 0.0% > 0.91 14.0 12.0 S-BS2-4 10.0 Avg = 0.558 8.0 Min = 0.4896.0 Max = 0.6554.0 Data points: 378 2.0 0.0 1 0.4 0.8

(c) EASE 4.3 / HBF Gleishalle GH-V20-EQ-SPM / 08/03/2011 10:23:57 / Audio & Acoustics Consulting Aachen Anselm Goertz

(c) EASE 4.3 / HBF Gleishalle GH-V20-EQ-SPM / 08/03/2011 10:24:13 / Audio & Acoustics Consulting Aachen Anselm Goetz

Bahnsteig 2 innen STI mit Noise und mit Maskierung



→ STI mit 85 dBA Noise → MW: 0,54 S-BS6-4 0,51 → MW-STABW: Distribution of Values for STI +N (Mask.) -- (-) 20.0 Considered: 100.0% 18.0 0.0% < 0.20 16.0 0.0% > 0.91 14.0 12.0 10.0 Avg = 0.5428.0 S-BS4-4 Min = 0.4366.0 Max = 0.6204.0 Data points: 293 2.0 0.0 1 c) EASE 4.3 / HBF Gleishalle GH-V20-EQ-SPM / 08/03/2011 09:38:09 / Audio & Acoustics Consulting Aachen Anselm Goertz

(c) EASE 4.3 / HBF Gleishalle GH-V20-EQ-SPM / 08/03/2011 09:37:54 / Audio & Acoustics Consulting Aachen Anselm Goet

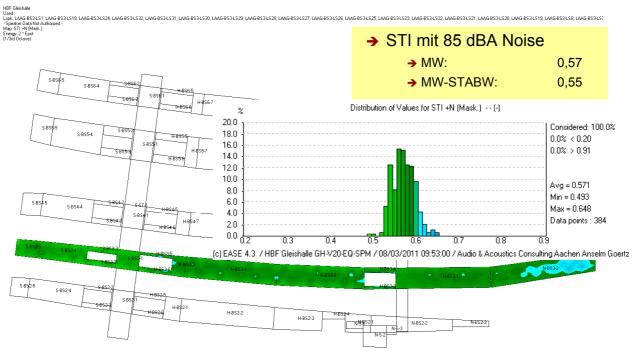
ZVEI Akademie zum Thema ENS und SAA

Raumakustik, Beschallungstechnik und Sprachverständlichkeit im Zusammenhang mit SAA und ENS von Anselm Goertz

V2014_1 Folie 51

Bahnsteig 3 innen STI mit Noise und mit Maskierung





(c) EASE 4.3 / HBF Gleishalle GH-V20-EQ-SPM / 08/03/2011 09:54:14 / Audio & Acoustics Consulting Aachen Anselm Goetz

Bahnsteig 4 innen STI mit Noise und mit Maskierung



HBF Gliebshie
Unde:
Lapic Lunds BS4LS1, LANG BS4LS1, LANG BS4LS0, LANG BS4LS1, LANG → STI mit 85 dBA Noise → MW: 0,56 S-BS6-4 → MW-STABW: 0,52 H-BS6-1 H-BS6-2 N-BS63 N-B\$5-3 N-BS5-2 H-BS5-1 H-BS5-2 Distribution of Values for STI +N (Mask.) -- (-) 20.0 Considered: 100.0% 18.0 0.0% < 0.20 S-BS2-4 16.0 0.0% > 0.9114.0 12.0 10.0 Avg = 0.5558.0 Min = 0.431 6.0 Max = 0.6474.0 Data points: 388 2.0 $0.0_{-0.2}^{-1}$ (c) EASE 4.3 / HBF Gleishalle GH-V20-EQ-SPM / 08/03/2011 09:59:47 / Audio & Acoustics Consulting Aachen Anselm Goertz

(c) EASE 4.3 / HBF Gleishalle GH-V20-EQ-SPM / 08/03/2011 10:00:12 / Audio & Acoustics Consulting Aachen Anselm Goe

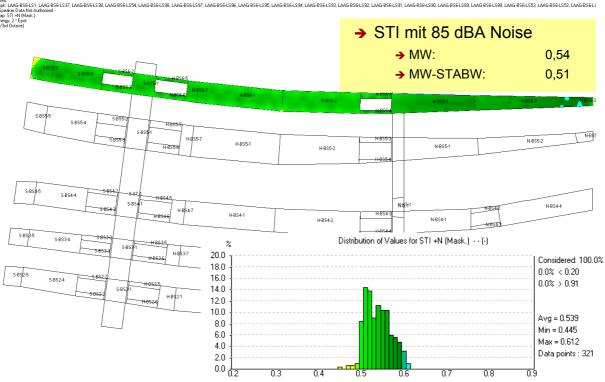
ZVEI Akademie zum Thema ENS und SAA

Raumakustik, Beschallungstechnik und Sprachverständlichkeit im Zusammenhang mit SAA und ENS von Anselm Goertz

V2014_1 Folie 53

Bahnsteig 6 innen STI mit Noise und mit Maskierung



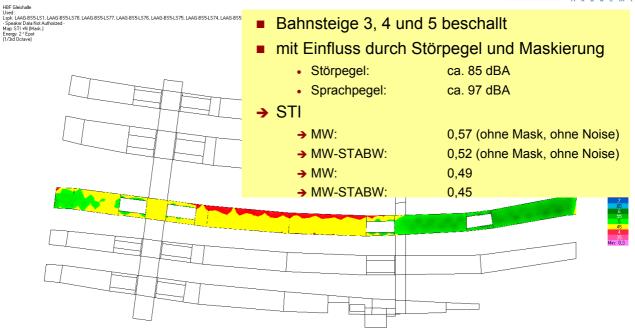


(c) EASE 4.3 / HBF Gleishalle GH-V20-EQ-SPM / 08/03/2011 10:31:08 / Audio & Acoustics Consulting Aachen Anselm Goertz

(c) EASE 4.3 / HBF Gleishalle GH-V20-EQ-SPM / 08/03/2011 10:31:24 / Audio & Acoustics Consulting Aachen Anselm Goett

Problem: Sammelruf über mehrere oder alle Bahnsteige





(c) EASE 4.3 / HBF Gleishalle GH-V20-EQ-SPM / 07.03.2011 20:54:40 / Audio & Acoustics Consulting Aachen Anselm Goetts

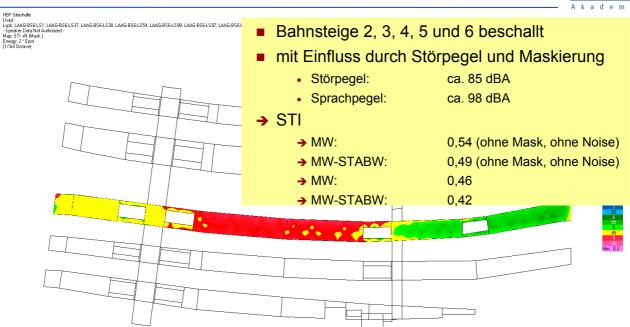
ZVEI Akademie zum Thema ENS und SAA

Raumakustik, Beschallungstechnik und Sprachverständlichkeit im Zusammenhang mit SAA und ENS von Anselm Goertz

V2014_1 Folie 55

Problem: Sammelruf über mehrere oder alle Bahnsteige





(c) EASE 4.3 / HBF Gleishalle GH-V20-EQ-SPM / 07.03.2011 20:48:03 / Audio & Acoustics Consulting Aachen Anselm Goetts

Besonders komplizierte Randbedingungen



VDE 0833-4 von Okt. 2014 Kap.6

Unter besonders komplizierten akustischen Randbedingungen, die geprägt sind durch eine problematische Raumakustik (hohe Nachhallzeiten), aber vor allem auch durch hohes Hintergrundgeräusch, welches seinerseits hohe Schallpegel für die Durchsage erfordert, kann das Erreichen des oben geforderten Grenzwertes physikalisch unmöglich sein. In diesen Fällen ist es zulässig, die Anforderungen an die Sprachverständlichkeit geringfügig unter den oben geforderten Grenzwert abzusenken. Für diese Fälle müssen folgende Bedingungen erfüllt sein:

- Es ist durch einen qualifizierten Fachplaner ein geeigneter Nachweis (z. B. in Form einer Computersimulation) zu führen, dass die Erreichung eines Grenzwertes von STI = 0,5 mit verfügbarer Technik nicht möglich ist.
- Die Anforderungen dürfen nicht unter STI = 0,45 abgesenkt werden.
- Eine weitere Absenkung der Anforderungen im Fehlerfall (z. B. bei Ausfall eines Lautsprecher-Stromkreises) ist nicht zulässig.

ZVEI Akademie zum Thema ENS und SAA

V2014 1

Raumakustik, Beschallungstechnik und Sprachverständlichkeit im Zusammenhang mit SAA und ENS von Anselm Goertz

Folie 57

Übersicht STI Werte Bahnsteige innen



	MW ohne Noise ohne Mask.	MW-STABW ohne Noise ohne Mask.	MW mit Noise mit Mask.	MW-STABW mit Noise mit Mask.
nur BS 2	0,65	0,61	0,54	0,51
nur BS 3	0,70	0,66	0,57	0,55
nur BS 4	0,67	0,63	0,56	0,52
nur BS 5	0,68	0,64	0,56	0,53
nur BS 6	0,64	0,61	0,54	0,51
BS 3,4,5	0,57	0,52	0,49	<u>0,45</u>
BS 2,3,4,5,6	0,54	<u>0,49</u>	<u>0,46</u>	<u>0,42</u>



- Planungsgrundlagen:
- Beschreibung der Raumakustik durch die Nachhallzeit
- Festlegung des zu erwartenden Störpegelniveaus
- zu beachtenden Vorschriften:
 - EN 60849
 - VDE 0833-4
 - Sonderzulassungen
 - EN54 Komponenten
 - ...
- Qualität der Signalzuspielung beachten

- Bei schwieriger Raumakustik:
- Absorber einbringen, falls möglich.
 (Akustikdecke in Flachräumen)
- Bei flächendeckender Beschallung stark richtende Lautsprecher einsetzen (z.B. DSP-Zeilen für große Hallen)
- Bei selektiver Beschallung dezentrale Systeme so nahe wie möglich an die Zuhörer bringen (z.B. Perlenkette für Bahnsteige)
- Lautsprechertyp und Leistung entsprechend den Erfordernisse für einen hinreichenden S/N auswählen.

ZVEI Akademie zum Thema ENS und SAA

Raumakustik, Beschallungstechnik und Sprachverständlichkeit im Zusammenhang mit SAA und ENS von Anselm Goertz

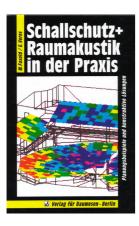
V2014_1 Folie 59

Literaturempfehlungen

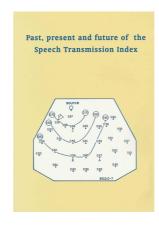


Fasold, W. / Veres, E. Schallschutz + Raumakustik in der Praxis Verlag für Bauwesen Berlin Stefan Weinzierl Handbuch der Audiotechnik Springer Verlag 2008 Houtgast, T; Steeneken, H. Past, present and future of speech transmission index

Andreas Simon Fachkraft für Sprachalarmanlagen nach DIN 14675











www.ifaa-akustik.de

Manuskript zu diesem Vortrag mit Text und Grafiken als PDF File

ZVEI Akademie zum Thema ENS und SAA

Raumakustik, Beschallungstechnik und Sprachverständlichkeit im Zusammenhang mit SAA und ENS von Anselm Goertz

V2014_1 Folie 61

Mit der richtigen Technik alles im Griff!



