Störpegelmessungen, deren Auswertung und die daraus abzuleitenden Anforderungen für die Sprachalarmierung

Alfred Schmitz - IFAA
Anselm Goertz - IFAA

ZVEI-Tagung *am 10. Nov. 2016*

Elektroakustische Notfallwarnsysteme (ENS) und Sprachalarmanlagen (SAA)

Übersicht

Störpegel und Sprachverständlichkeit

Grundlagen zur Sprachverständlichkeit

1. Grundlagen zum Thema Sprachverständlichkeit 3 - 8
2. Sprachverständlichkeit und STI Werte 9 - 17

Störpegelmessungen

3. Messwerte, Auswertung und Bewertung 19 - 26
4. Beispiel einer Störpegelmessung in einem Stadion 27 - 35

Dimensionierung der Beschallungsanlage

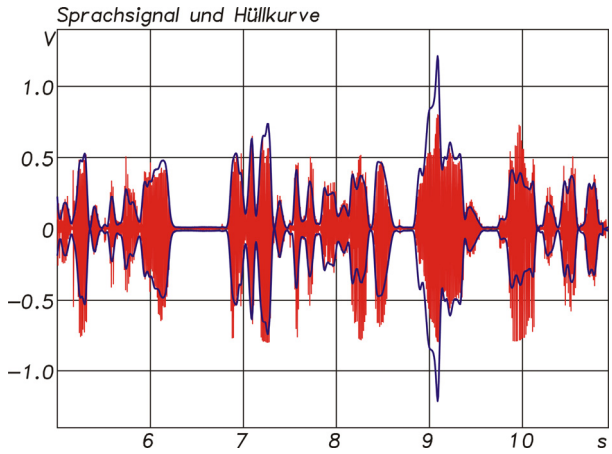
5. Maximalpegelberechnung 37 - 45
6. Simulationen für ein Stadion 46 - 57

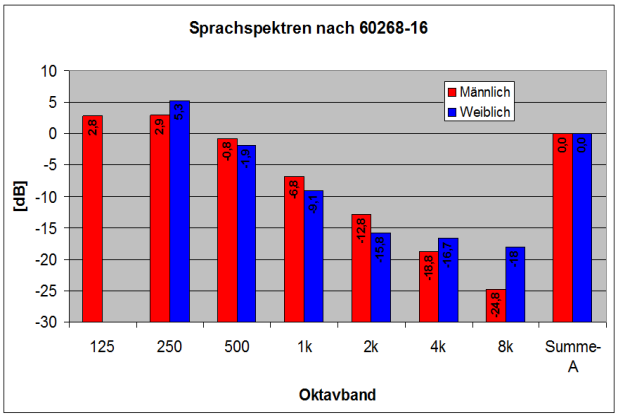
Die Beschallungsanlage

- 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)

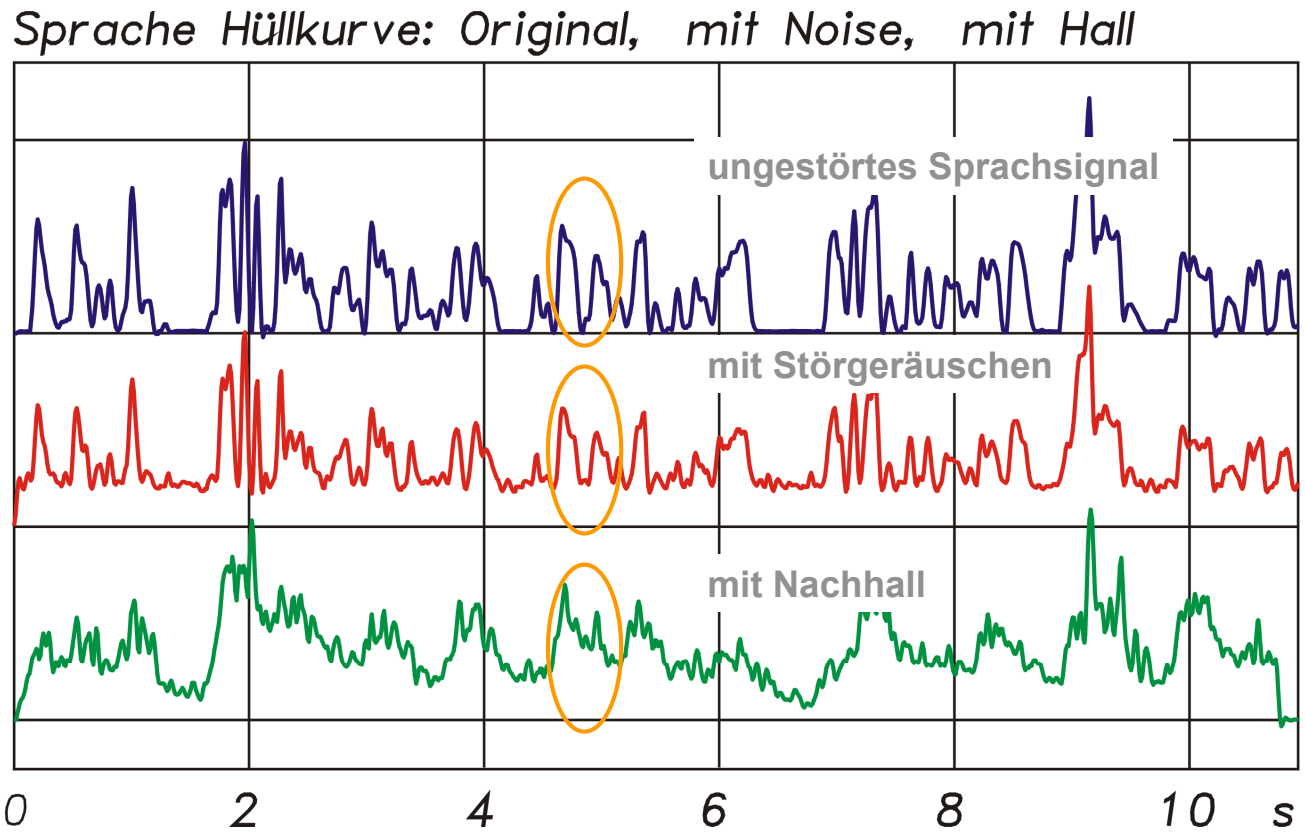
Wann ist Sprache gut verständlich?

- 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





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)

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

Wichtige Randbedingung in großen Hallen !

➢ hohe Anforderungen an das Richtverhalten der Lautsprecher

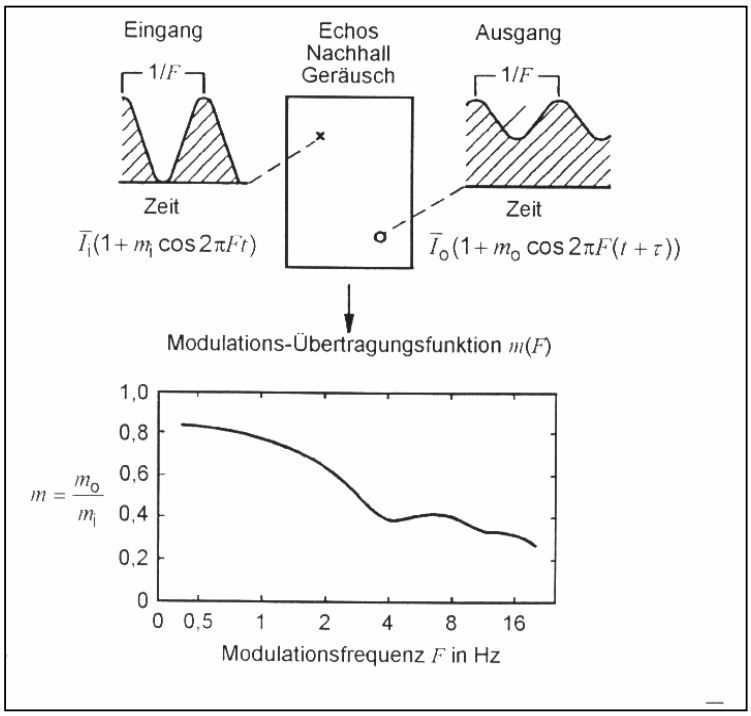
- Störpegel (> 70 dBA)
  - Zum Vergleich
    - Kirchen <70 dBA Signalpegel bei Sprache max. 80 dBA
    - Bahnhöfe 85 dBA Signalpegel bei Sprache min. 95 dBA
    - Sportstätten 95 dBA Signalpegel bei Sprache min. 105 dBA

Wichtige Randbedingung in lauter Umgebung

➢ 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-...

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

Bewertung der Sprachverständlichkeit durch den STI

STI-Wert	Einstufung nach EN 60268-16
0...0,3	schlecht
0,3..0,45	schwach
0,45..0,6	angemessen
0,6..0,75	gut
0,75..1	ausgezeichnet

0,5

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

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.

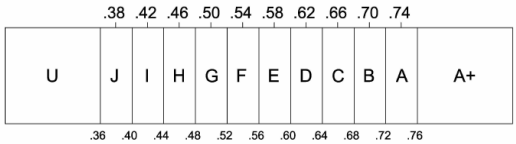
Table G.1 – Examples between STI qualification bands and typical applications

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 Hearing Systems (AHS)	High speech intelligibility
B	0,7	Complex messages, unfamiliar words		
C	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
H	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

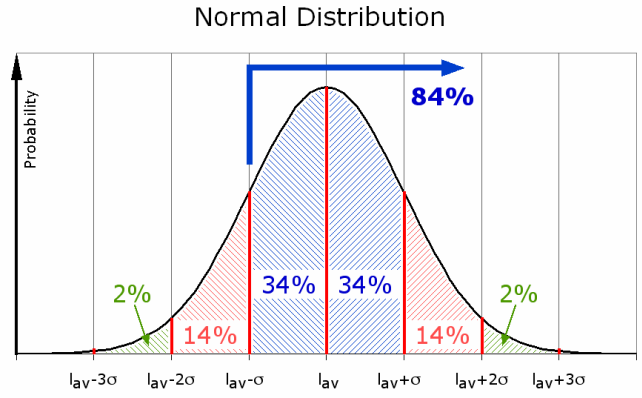
- IEC 60268-16
  Elektroakustische Geräte
  Objektive Bewertung der Sprachverständlichkeit durch den Sprachübertragungsindex
- DIN EN 60849 (IEC 60849 und VDE 0828)
  Elektroakustische Notfallwarnsysteme
- DIN VDE 0833-4
  Messverfahren zur Bestimmung des Sprachübertragungsindex STI
- EN 54-24 (Produktnorm)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

Bestimmung des STI Mindestwertes

- Arithmetischer Mittelwert – Standardabweichung ≥ 0,5
- $I_{av} - \sigma \geq 0{,}5$
- Messraster: 6 m (Empfehlung)

$$I_{av} = \frac{1}{n}\left(a_1 + a_2 + \ldots.. + a_n\right)$$

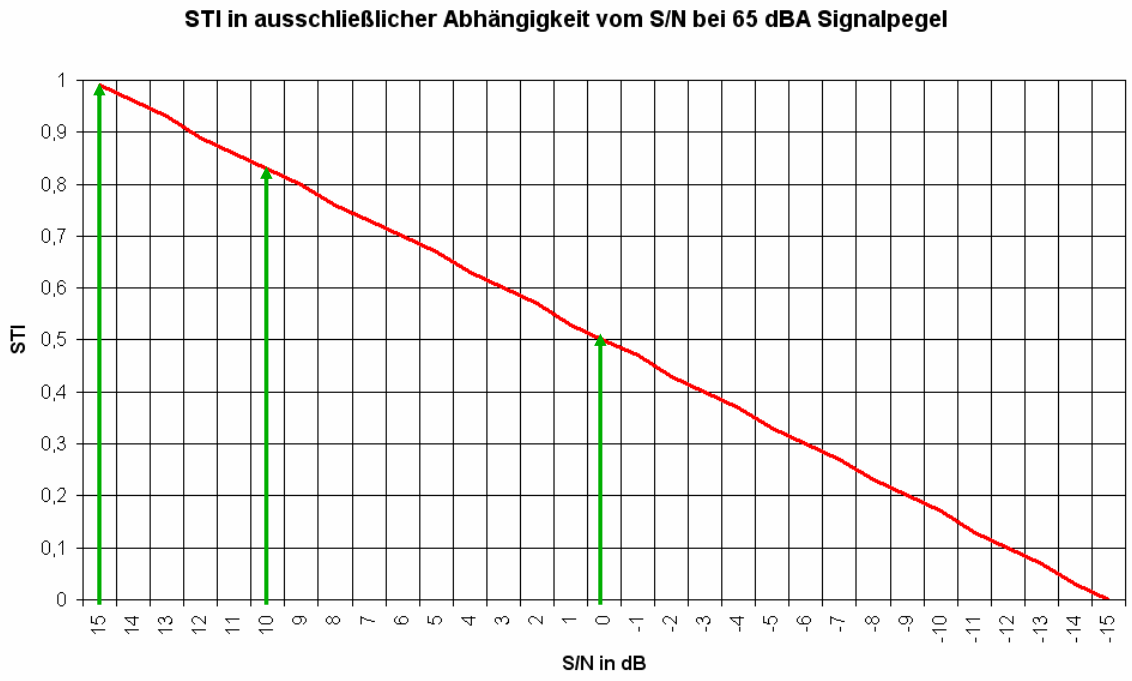
$$\sigma = \sqrt{\frac{n \cdot \sum_1^n a^2 - \left(\sum_1^n a\right)^2}{n(n-1)}}$$



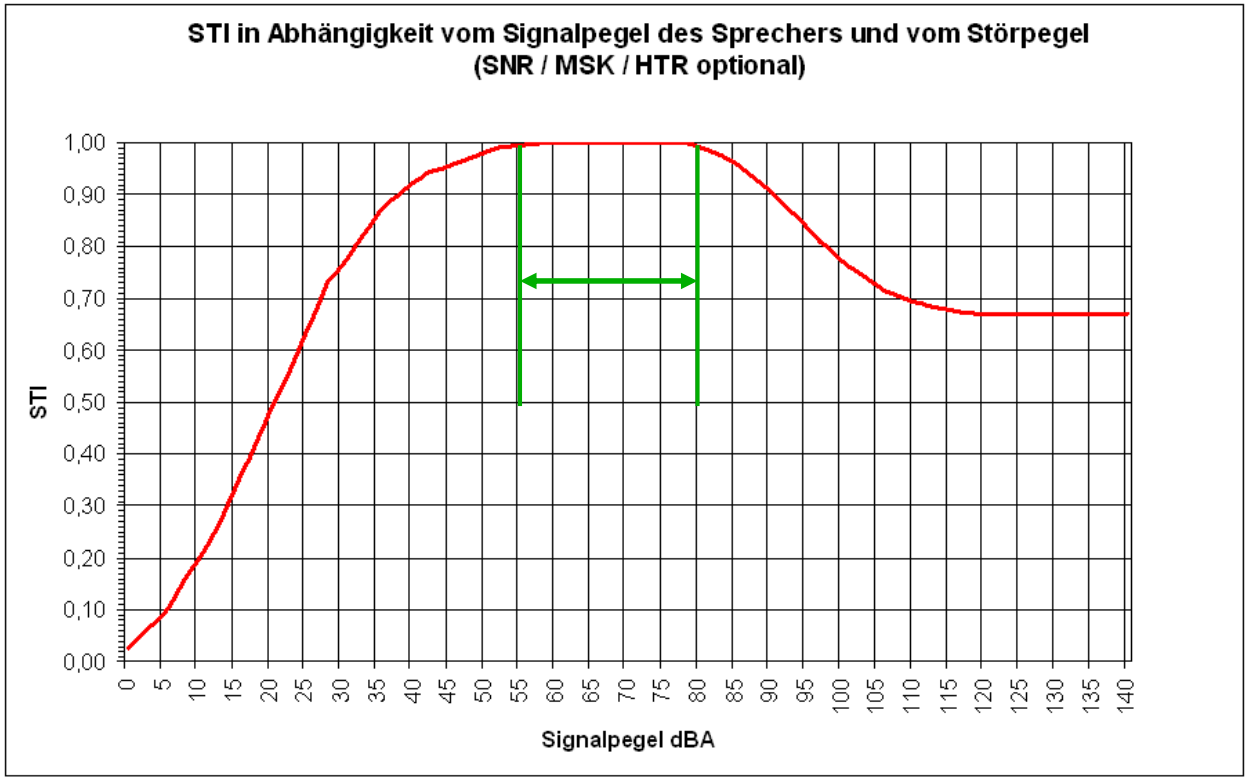
Zusammenhang des STI mit subjektiven Testmethoden

STI-Wert	CIS-Wert	Alcons in %	Einstufung EN 60268	Silbenverständ-lichkeit in %	Wortverständ-lichkeit in %	Satzverständ-lichkeit in %
0...0,3	0...0,48	100...36	schlecht	0...32	0...37	0...75
0,3...0,45	0,48...0,65	36...17	schwach	32...61	37...68	75...93
0,45...0,6	0,65...0,78	17...8	angemessen	61...85	68...88	93...98
0,6...0,75	0,78...0,87	8...3,6	gut	85...98	88...98	98...100
0,75...1	0,87...1	3,6...1	ausgezeichnet	98...100	98...100	100

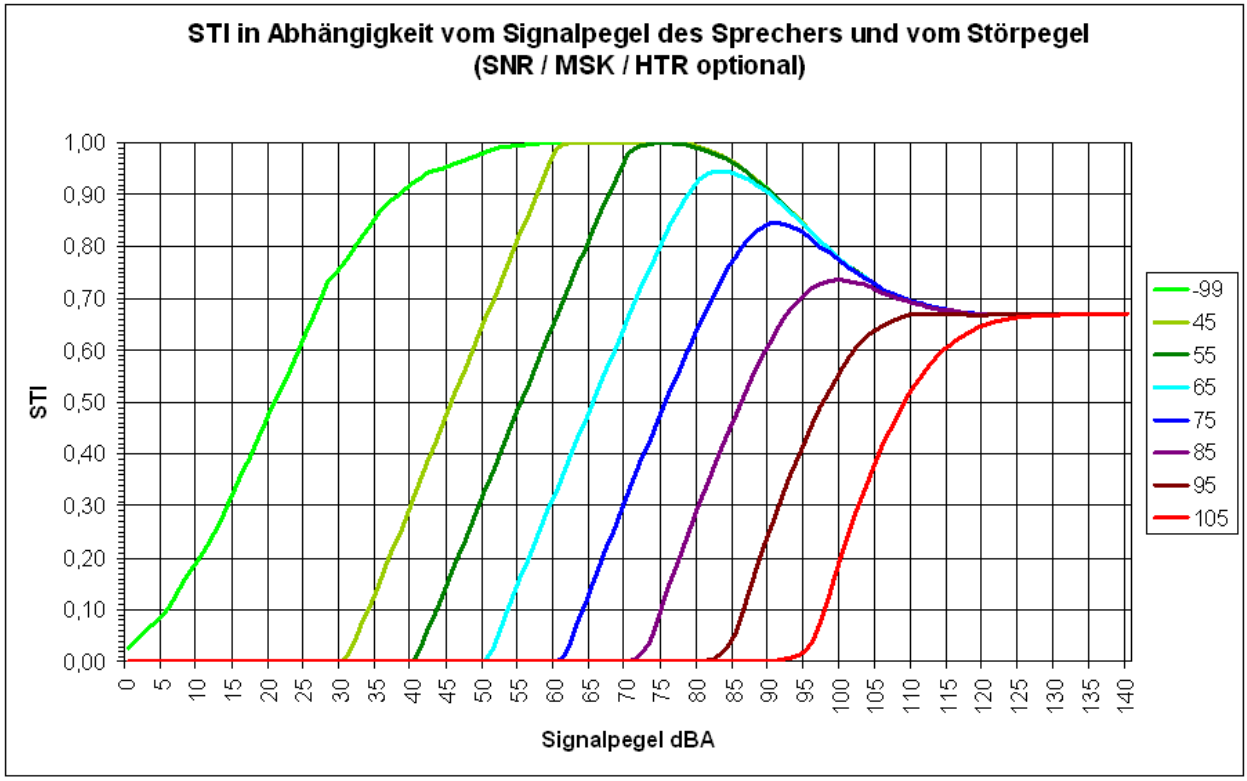
Signal- und Störpegel beim STI



Verdeckung und Hörschwelle beim STI



Verdeckung und Hörschwelle beim STI



Übersicht

Teil 2 von 3:

Der Störpegel und dessen Messung am Beispiel eines Sportstadions

1. Anforderungsprofil Sportstadion 19
2. Sprachverständlichkeit 20 – 21
3. Nachhallzeit und Störpegel 22 – 23
4. Definitionen und Richtwerte 24 – 26
5. Beispiel Störpegelmessung 27 – 33
6. Fazit 34 – 35

Voraussetzungen und Anforderungen

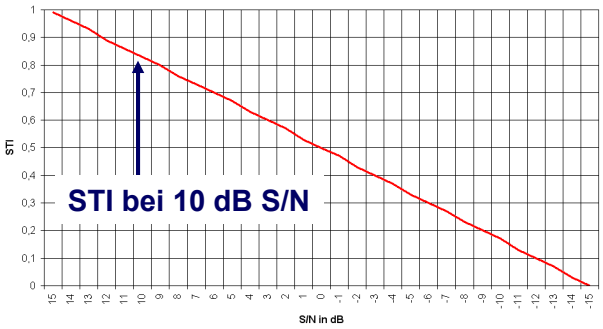
- Große Räumlichkeiten
  Volumen: 500.000 – 1.800.000 m³
- Großteils geschlossen (überdacht)
- 15.000 bis 90.000 Plätze
- Die akustischen Verhältnisse hängen sehr stark vom Besetzungsgrad ab
- Hoher Störpegel
- Hohes Risiko
- Hoher Anspruch

- Gesetzliche Vorgaben für Sprachalarmierung (lokal unterschiedlich)
- Vorgaben des Betreibers oder Nutzers (Leistungsverzeichnis)
- Bereiche: Tribünen, Spielfeld, Verkehrsflächen (Gänge, Flure, Treppenhäuser, Tunnel, …
- Vorgaben der Verbände
  DFB, UEFA, FIFA, …
- Anforderungen seitens Dritter
  z.B. Kunden für Werbeeinspielungen
- Architektonische Vorgaben
- Kosten

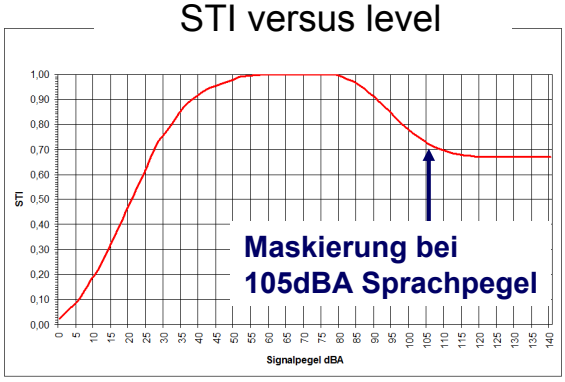
Sprachverständlichkeit

- Messwert STI zwischen 0 und 1
- Anforderung für Sprachalarmierung nach VDE 0828 oder 0833-4 : $STI_{MW\text{-}STABW} \geq 0{,}5$
- Berechnung als arithmetischer Mittelwert <u>abzüglich der Standardabweichung</u>
- Unter Berücksichtigung des Störpegels respektive des <u>S/N</u> und der <u>Maskierung</u> (?)
- Eine sinnvolle Bewertung über den STI ist nur dann möglich, wenn die Randbedingungen klar definiert sind.

STI versus S/N



STI versus level



Bestimmung des STI Mindestwertes

- Arithmetischer Mittelwert – Standardabweichung ≥ 0,5
- $I_{av} - \sigma \geq 0{,}5$

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

$$\sigma = \sqrt{\frac{n \cdot \sum_1^n a^2 - \left(\sum_1^n a\right)^2}{n(n-1)}}$$

- Messraster: 6 m (alt) oder nach Bedarf (siehe Tab. 50849)

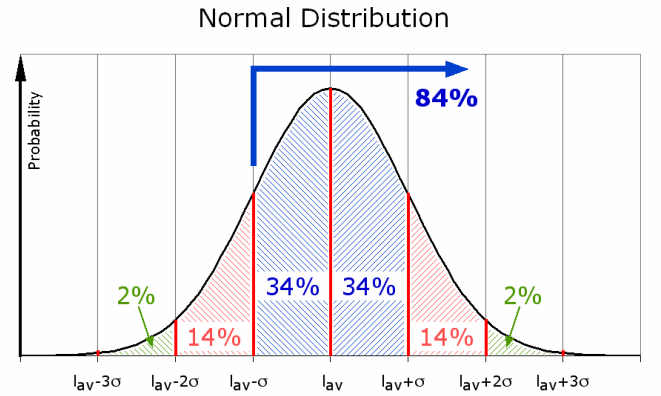
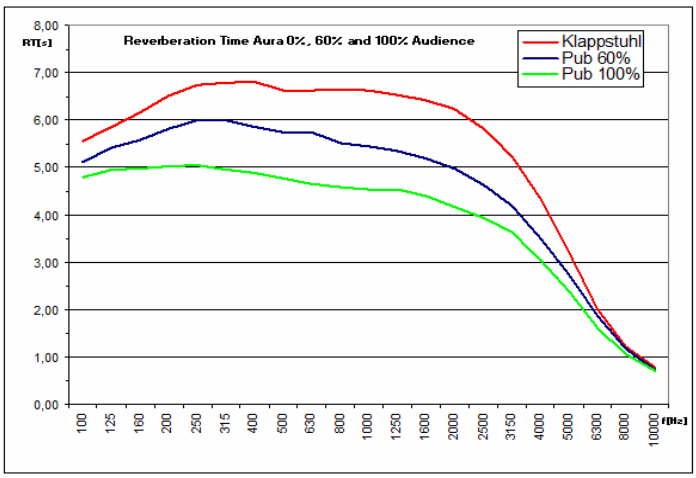


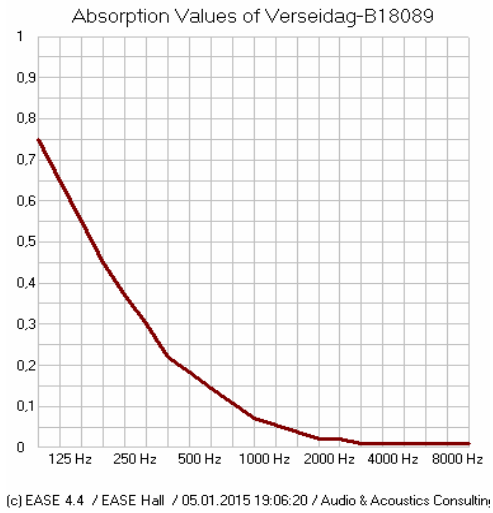
Table B.1 — Minimum number of measurement points

Area of the ADA (m^2)	Minimum number of measurement points
Less than 25	1
25 to less than 100	3
100 to less than 500	6
500 to less than 1500	10
1500 to less than 2500	15
Greater than 2500	15 per 2500 m^2

Nachhallzeit und Störpegel

- Einflussgrößen:
  - Besetzungsgrad: 0 - 100% (für welchen Besetzungsgrad müssen die Werte eingehalten werden ?)
  - Bestuhlung: keine (Betonstufen), Plastiksitze, gepolsterte Sitze, … (ca. 25% der Gesamtfläche)
  - VIP Lounges mit offenen oder geschlossenen Fenstern (Echo Gefahr)
  - Raumakustische Maßnahmen (auf Wandflächen und im Dachbereich)
  - Dach über dem Spielfeld offen oder geschlossen
  - Akustisches Verhalten der Dachmembran (ca. 25% der Gesamtfläche)
  - Rasenfläche (nur ca. 5% der Gesamtfläche)

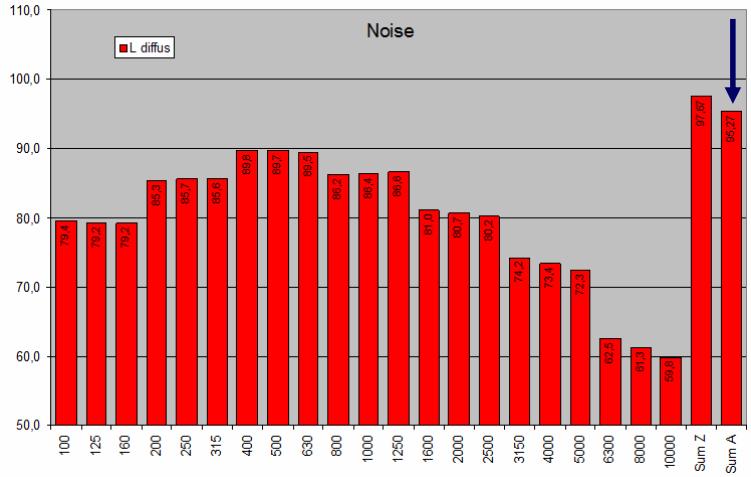




Nachhallzeit und **Störpegel**

- Anhaltspunkt für große Stadien (>15.000): 95 dBA als L_{eq} (Zeitspanne ?)
- Zeitlicher Verlauf ?
- Spektrale Zusammensetzung ?

95 dBA



Einfache Abschätzung:

- 50.000 Personen
- Schallleistungspegel L_W pro Person 90 dB mit ANSI Spektrum (laut)
- Raumvolumen
- Frequenzabhängige Nachhallzeit

$$L = L_W - 10 \cdot \lg\left(\frac{V/m^3}{T/s}\right) + 13{,}88\,dB$$

Standard Anforderung:

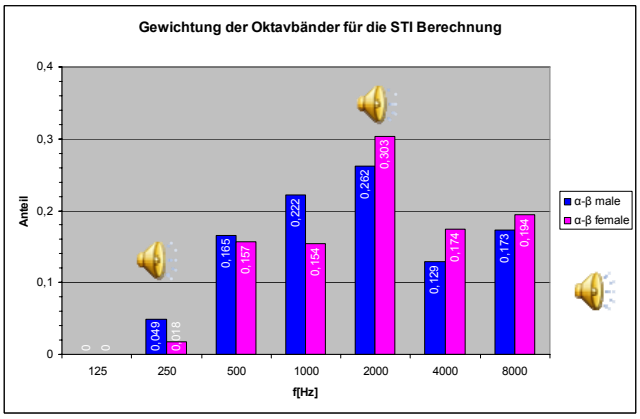
- S/N 10dB
- Sprachalarmpegel: 105 dBA
  (nach ZVEI für Stadien >15.000)

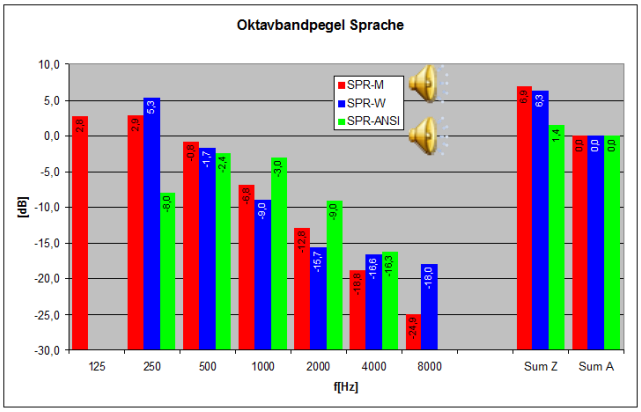
Störpegelmessung und Definition

- 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
- Um einen negativen Einfluss auf die Sprachverständlichkeit entsprechend der STI Berechnung sicher zu vermeiden, muss in jedem Oktavband ein S/N von 15 dB erreicht werden!
- ➢ Überdimensionierung wären dabei fast unvermeidlich die Folge
  (3 dB mehr bedeuten jeweils die doppelte Verstärkerleistung)
- ➢ Für die STI Berechnung mit S/N muss(!) ein Störspektrum vorliegen. Breitbandige Werte reichen hier nicht.
  Anm.: suggeriert Genauigkeit, die es aber in der Praxis nicht gibt
- ➢ Oder der S/N wird bei der STI Berechnung nicht berücksichtigt, dafür aber ein mindest zu erreichender S/N mit breitbandigen Werten vorgegeben.
  Anm.: auf den ersten Blick ungenauer aber praktikabel

Frequenzbänder

- Anpassung des Sprachspektrums an den Störpegel
- Die wichtigsten Frequenzbänder sind die Oktavbänder von 1 bis 4 kHz
- Hochpassfilter ($f_u \approx 150 - 200$ Hz , 4th)
  - Entlastet die Lautsprecher
  - Reduziert die Maskierung bei männlichen Sprecher durch das laute 125 Hz Band
  - Verringert die Verständlichkeit nicht!
- Präsenzanhebung 2 kHz , +6 dB
  - Stärkt das wichtigste Frequenzband
- Bei breitbandigen Pegelwerten ist hier trotz der zu hohen absoluten Pegel die A-Bewertung sinnvoll.





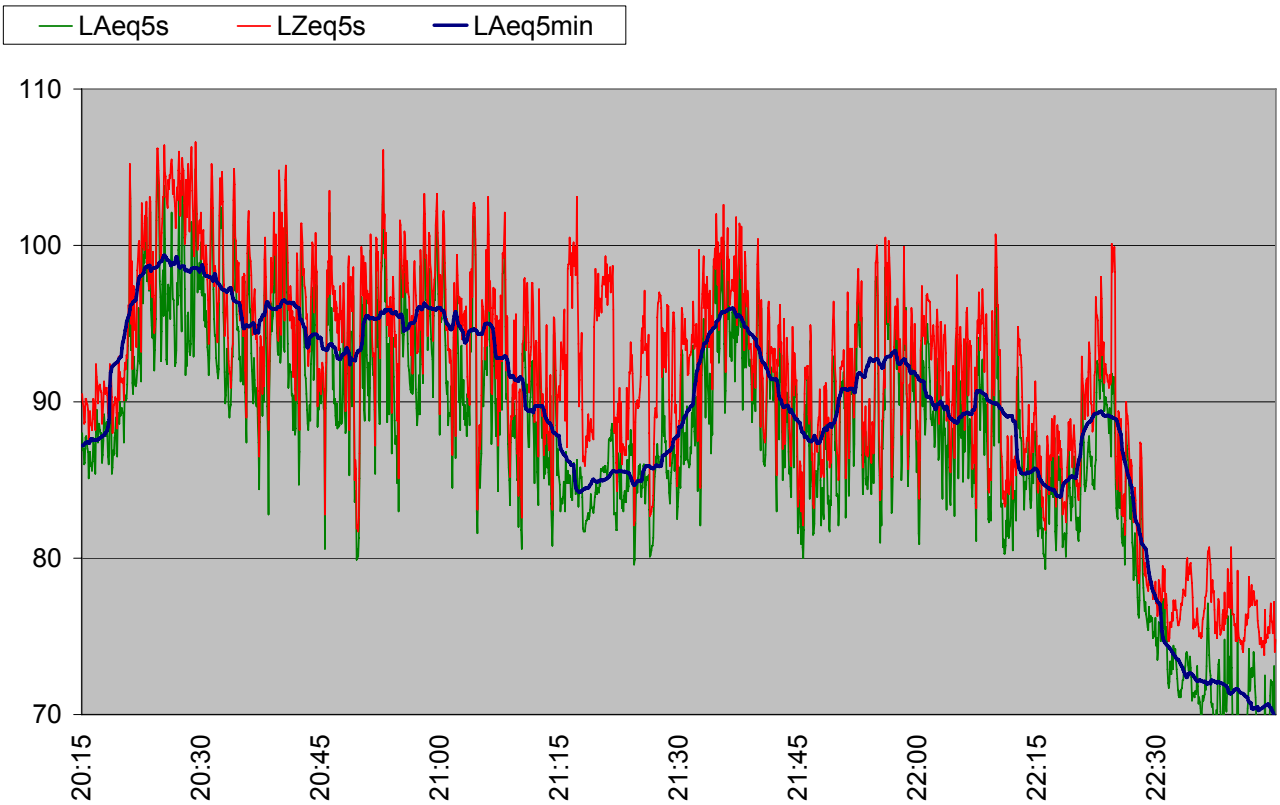
Vorgaben und Richtwerte

- ZVEI und DFB
  95 dBA Störpegel für Stadien > 15.000 Zuschauer
  Sprachsignalpegel: 105 dBA (kein Wert unter 102 dBA)
  STI ≥ 0,5 als Mittelwert (kein Wert unter 0,38) ohne Maskierung und ohne S/N. Besetzungsgrad? Messung im leeren Stadion!
- FiFa 2018
  kein konkreter Wert für den Störpegel *(105 dBA + X)*
  Sprachsignalpegel: 116 dBA
  STI > 0,55 auf allen Plätzen ohne Maskierung und ohne S/N
  Besetzungsgrad 100%
- Einzelnes Stadion
  Noise 110 dBZ mit Spektrum
  Sprachsignalpegel: 116 dBZ
  STI ≥ 0,6 als Mittelwert ohne Maskierung und ohne S/N und
  STI ≥ 0,55 als Mittelwert ohne Maskierung aber <u>mit S/N</u>
  Besetzungsgrad 100%

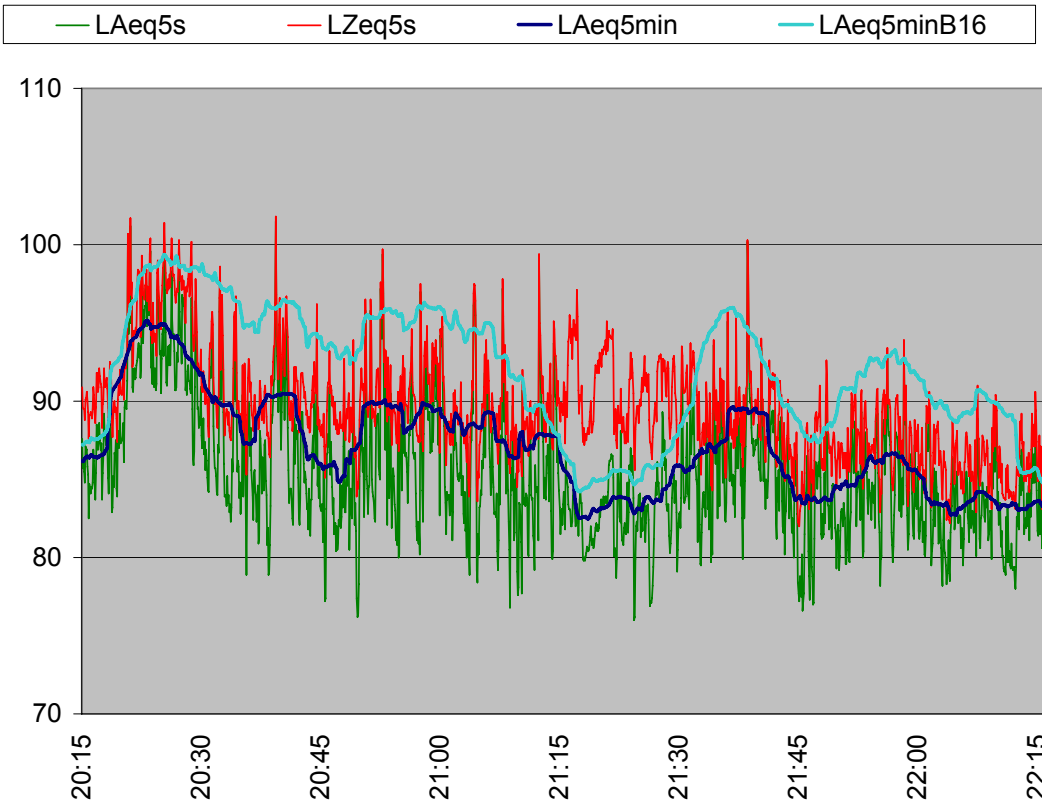
Messungen im Stadion

- Zwei Messpositionen
  - Fankurve
  - „normaler Publikumsbereich“
- ca. 55.000 Zuschauern (1. Liga)
- Stimmung eher mäßig
- Messpositionen im Catwalk mittig über dem Publikum
  - Entfernung ca. 15 m
- Logging im 5 s Raster für alle Werte breitbandig und in Terzen
- Ausgewertet wurden:
  - L_{Aeqdt} mit dt = 5s
  - L_{Zeqdt} mit dt = 5s
  - L_{eqdt} für alle Terzbänder von 100 Hz bis 10 kHz mit dt = 5s
- Zusätzlich wurde das Mikrophonsignal synchron zur Messung aufgezeichnet

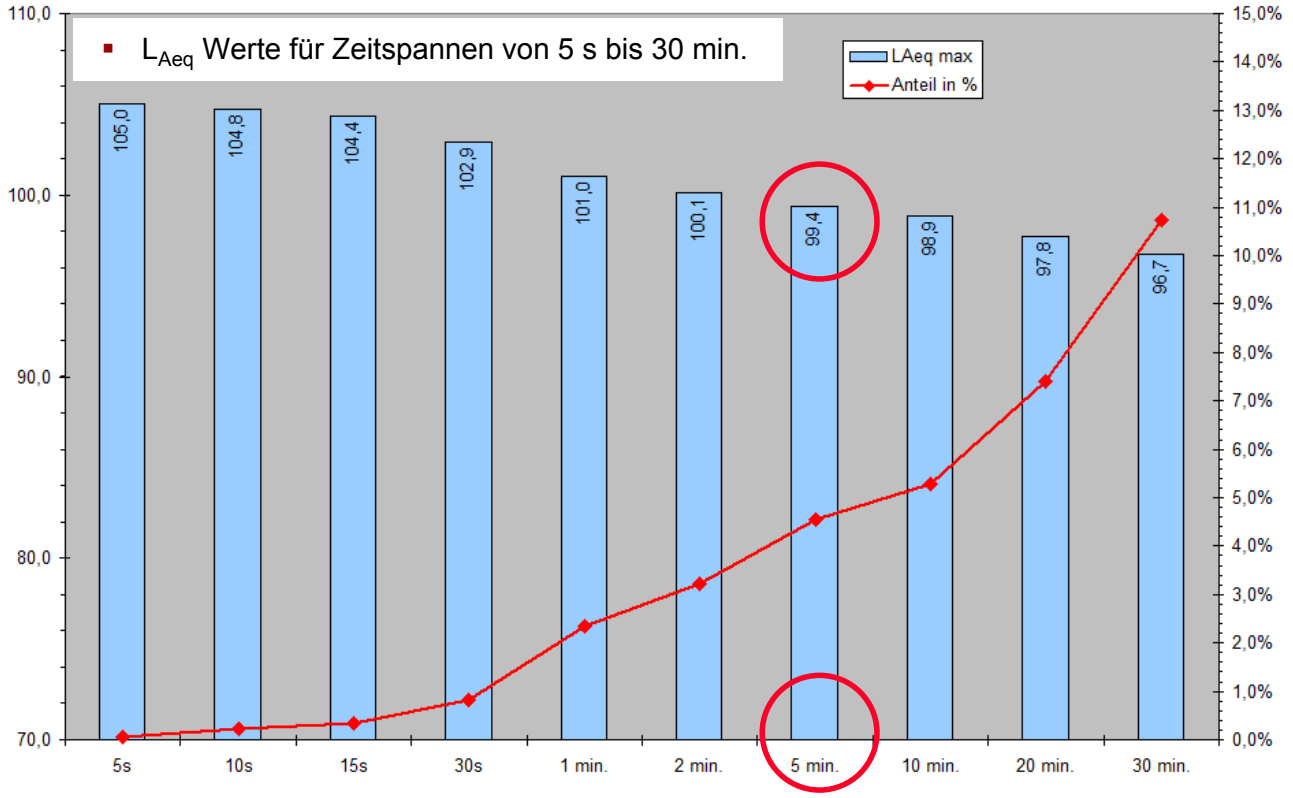
Pegelverlauf (Fankurve)



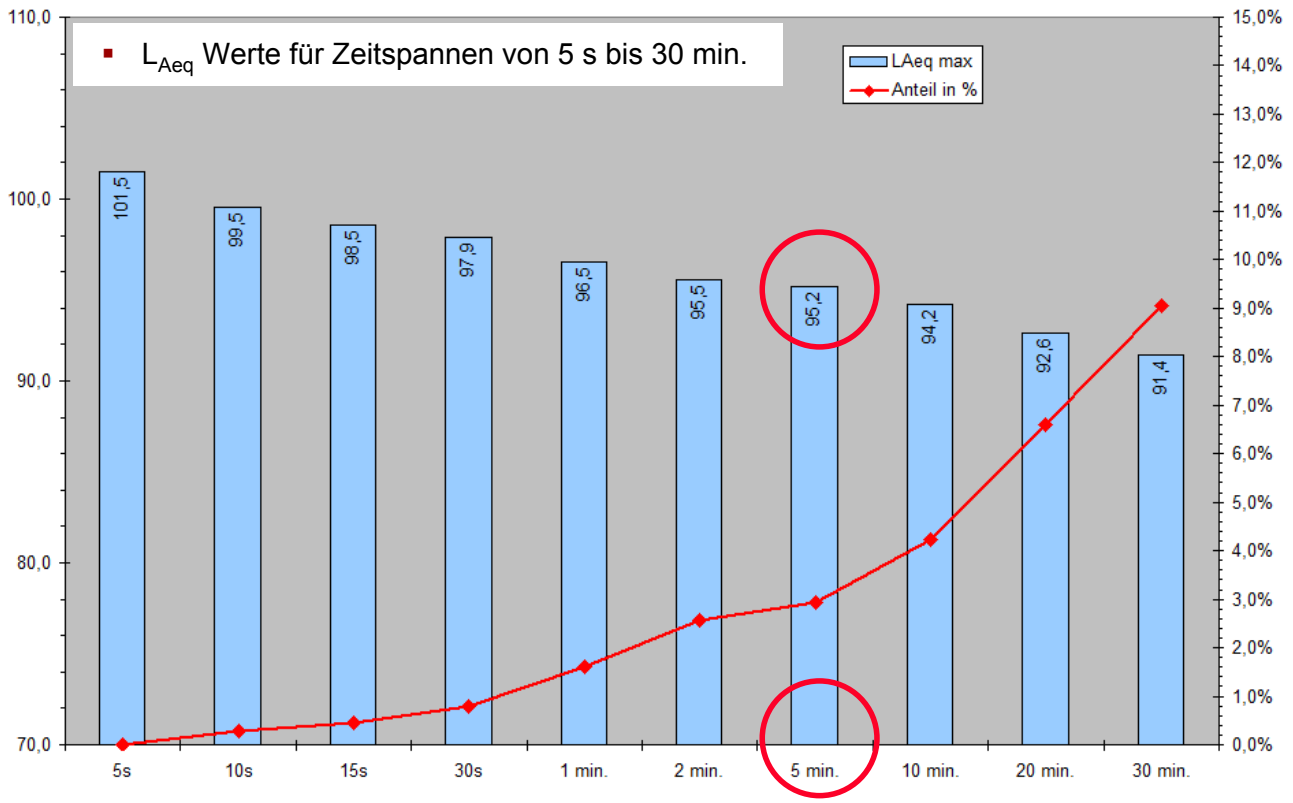
Pegelverlauf („ruhiger“ Bereich)



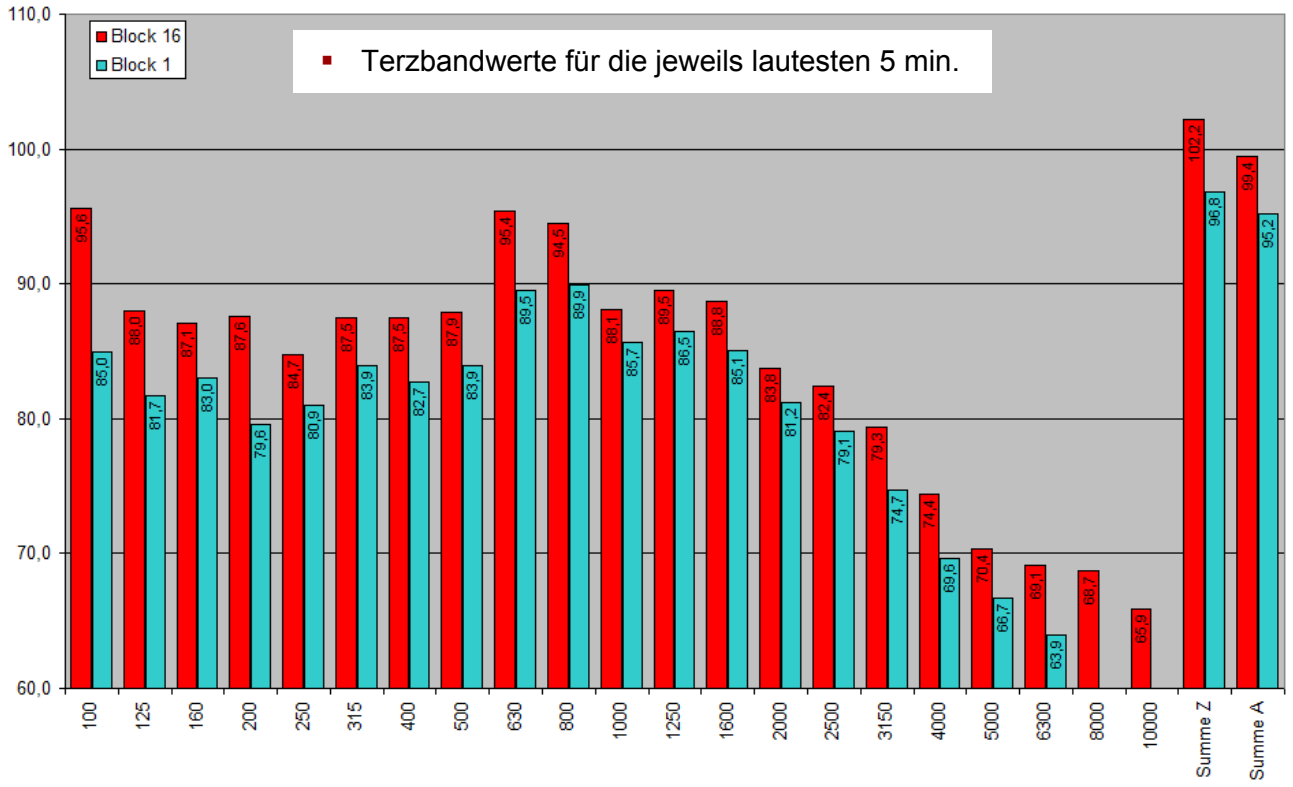
Auswertung Fankurve



Auswertung „ruhiger“ Bereich



Spektrale Zusammensetzung



Hörbeispiele

- Sprecher original: $L_{AF5\%}$ = 100 dB
- Störpegel original: L_{Aeq} = 100 dB
- Sprecher mit Störpegel: S/N = 0 dB STI ≈ 0,5
- Sprecher im Stadion: $L_{AF5\%}$ = 100 dB STI = 0,52
- Sprecher im Stadion (100 dBA) mit Störpegel (100 dBA): STI ≈ 0,4
- Sprecher im Stadion (107 dBA) mit Störpegel (100 dBA): STI ≈ 0,51

STI male mit Noise ohne Masking

Welcher S/N ist erforderlich ?

Allgemein akzeptierte Vorgehensweise:

- Einen sinnvollen Summenpegel für den Störpegel ansetzen (z.B. 100 dBA)
- Den Nachweis führen, dass breitbandig betrachtet 10 bis 15 dB S/N erreicht werden → min. **110 dBA Signalpegel**
- Das Störspektrum bleibt offen und wird daher bei der weiteren STI Berechnung nicht mehr berücksichtig

Für den STI Wert:

- Dichtes Messraster
- Mittelwert abzüglich der Standardabweichung
- Oder nur Mittelwert und ein Mindestwert

? Wie ist überhaupt der Signalpegel zu bestimmen ?

Zwischenfazit

- Planungsgrundlagen:

- Beschreibung der Raumakustik durch die Nachhallzeit. Vorgabe als frequenzabhängiger Maximalwert im unbesetzten Zustand.
- Festlegung des zu erwartenden Störpegelniveaus (und Spektrums)
- zu beachtende lokale Vorschriften:
  - EN 60849 (typisch)
  - VDE 0833-4 (meist nicht)
  - EN54 Komponenten (meist nicht) ….
- Für welchen Besetzungsgrad sollen die Werte erreicht werden ? (0%, 50%, 60%, 100%) (Sektorenbeschallung bei geringer Besetzung)
- Lokale Besonderheiten
- Richtlinien: DFB, UEFA, FIFA, …

- Anforderungen:

- STI ≥ 0,5 als MW-STABW
  - Ohne Maskierung
  - Ohne direkte Berücksichtigung des S/N
- Nachweise eines S/N von min. 10 dB über A-bew. Summenpegeln
- Frequenzgang: 100 Hz bis 10 kHz ±3 dB mit maximal 3 dB STABW über der Fläche
- Spezielle Signalfilterung für:
  - Musik, Werbung, Hymne, .. (viel Bass)
  - Stadionsprecher (voller Umfang)
  - Alarmierung (ANSI Spektrum laut)

Übersicht

Teil 3 von 3:

Dimensionierung der Beschallungsanlage

1. Anforderungsprofil 37
2. EASE Modell und Lautsprecher 38 – 40
3. Simulationen mit Pinknoise 41
4. Filter und Kompression 42 – 45
5. Pegelwerte für Sprache 46 – 48
6. STI Werte 49 – 55
7. Zusammenfassung 56 – 59

Anforderungsprofil

- Kleines 1. oder 2. Liga Stadion für 15.000 Zuschauer
- Störpegelannahmen:
  - Tribünen 95 dBA (als L_{eq})
  - Spielfeld 90 dBA (als L_{eq})
- Einfaches Konzept
  - Passive Lautsprecher
  - 4 – 5 Verstärkerzentralen
  - EN54 zertifizierte Komponenten
- Kostengünstig
- Geringe Dachlast
- Spielfeldbeschallung

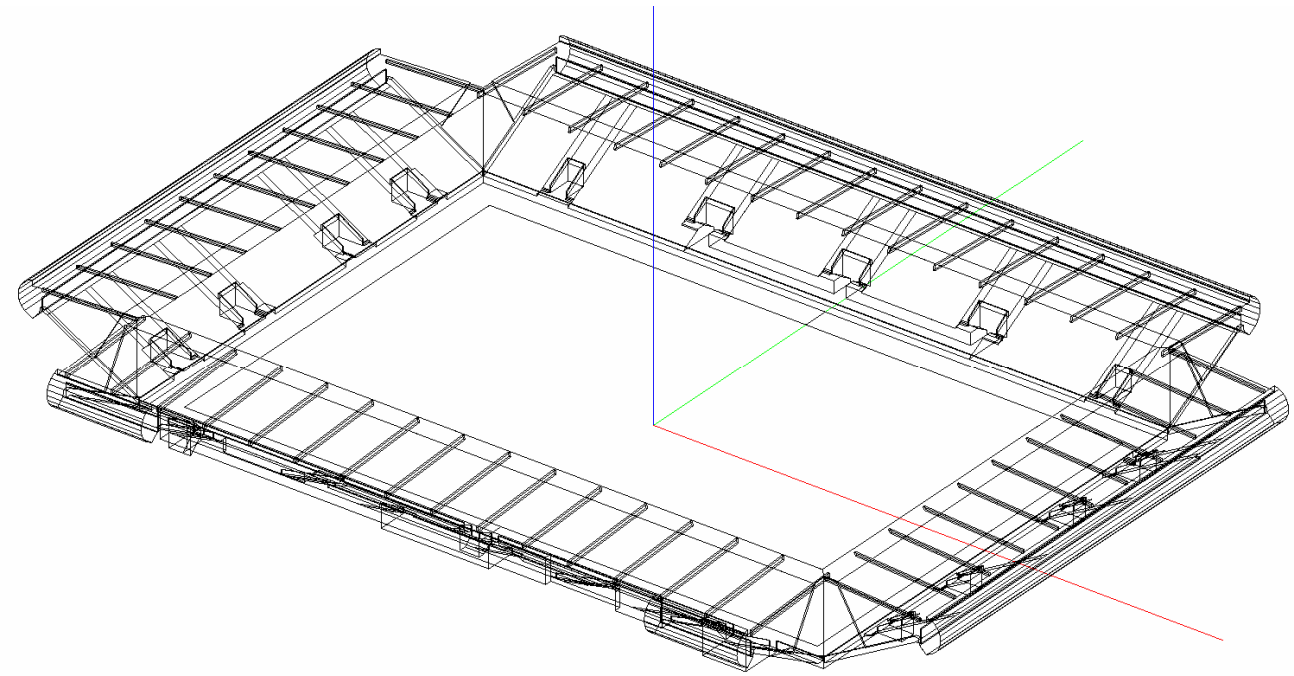
<u>Zielwerte:</u>

- S/N von 10 dB
  d.h. ein Sprachsignalpegel von 105 dBA als L_{eq}
- $STI_{MW\text{-}STABW} \geq 0{,}5$ ohne S/N und ohne Maskierung

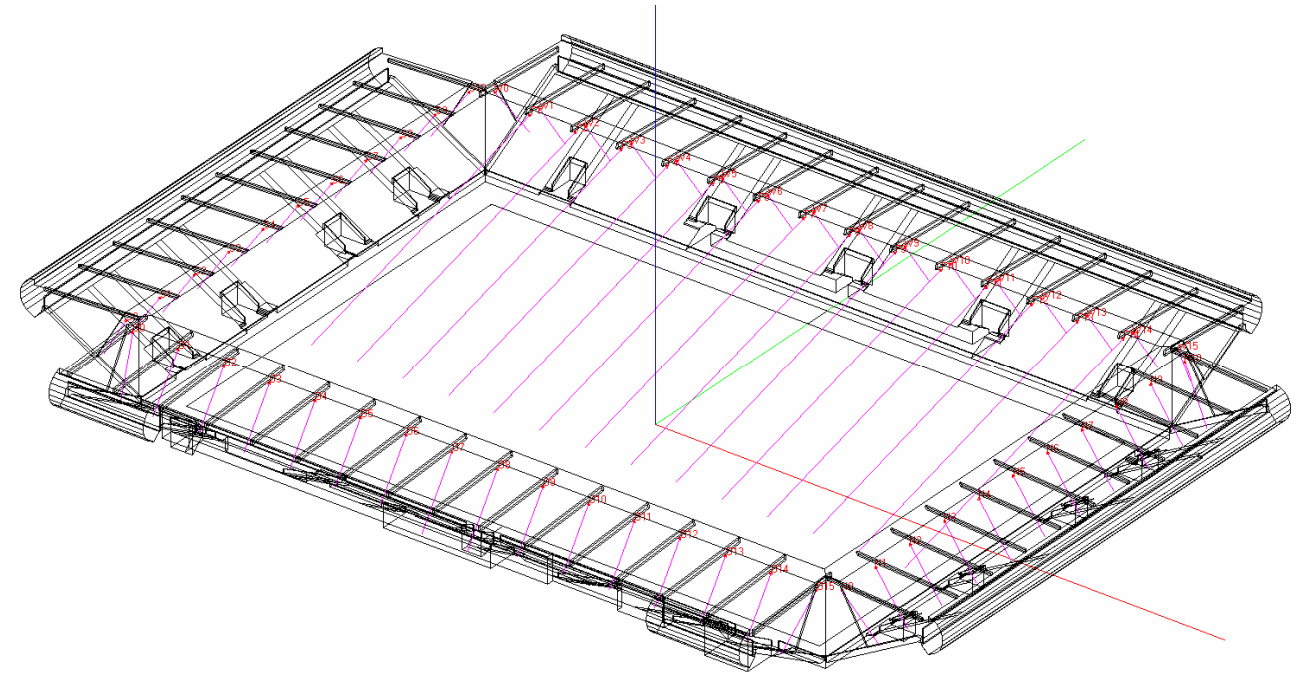
oder

- keine Vorgabe für den S/N
- $STI_{MW\text{-}STABW} \geq 0{,}5$ mit S/N und ohne Maskierung

EASE Modell



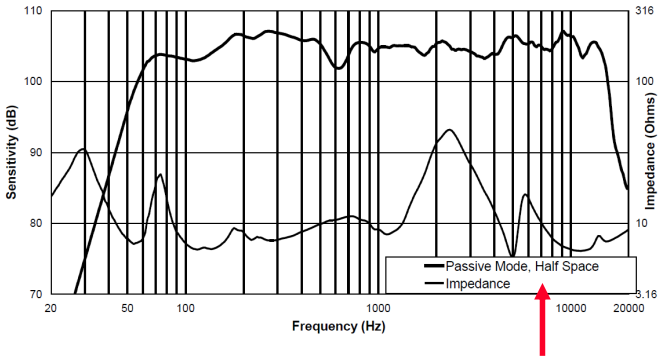
EASE Modell



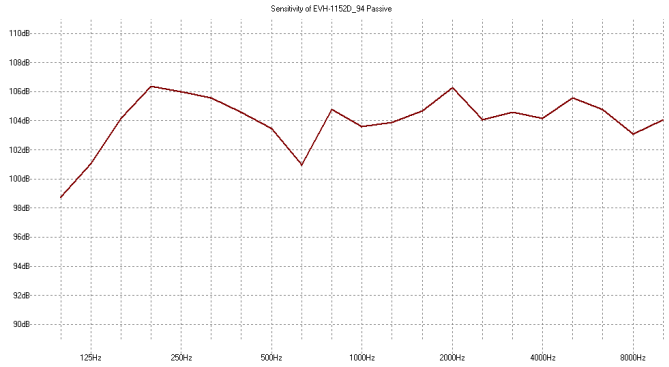
Lautsprecher

- Abstand der Dachträger 8 m
- Abstand zur Publikumsfläche ca. 15 m
- 40 x 90 Systeme (hor x ver)
- Sens. 105 dB 1W/1m (half space)
- Max.SPL 138 dB *1
- Peak Power: 2000 W
- Continuous Power 500 W

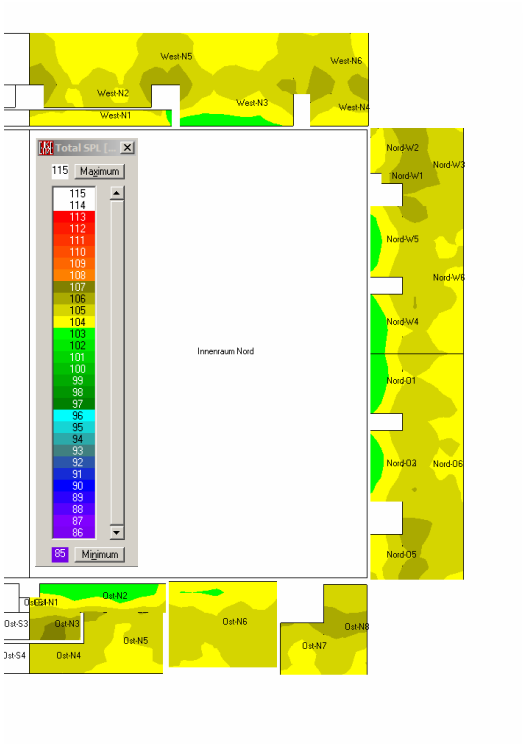
*1 Calc. Max.SPL: 105 dB + 33 dB
(+33 dB für 2000 W bezogen auf 1 W)

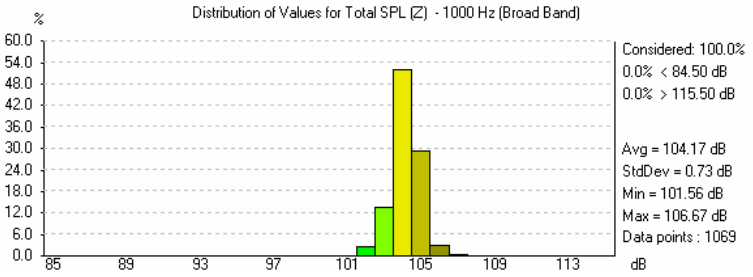


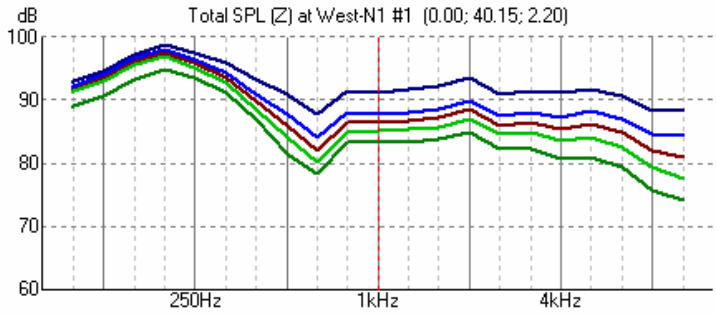
half space



Gesamtschallpegel mit Pinknoise 21x 1,5 W



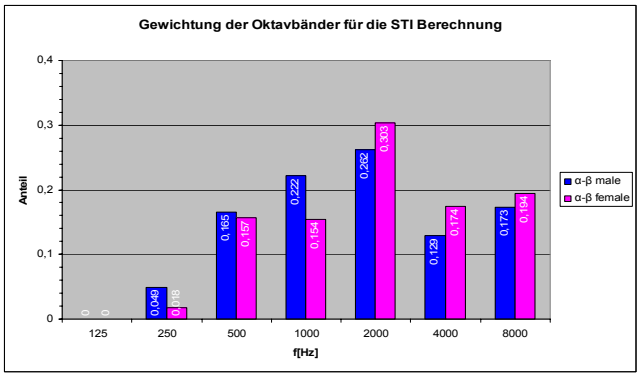


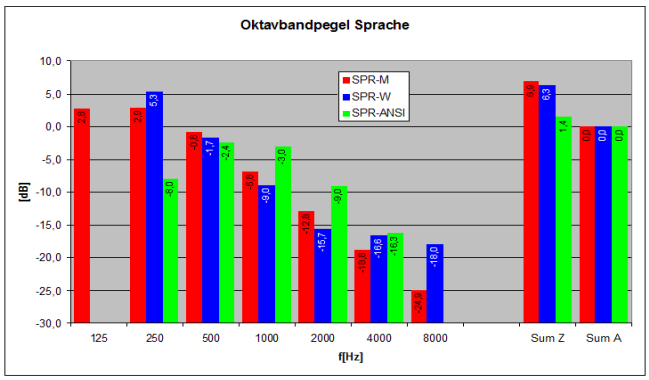


Testsignale für die max. SPL Bestimmung

<u>Typische Testsignale für PA Systeme</u>

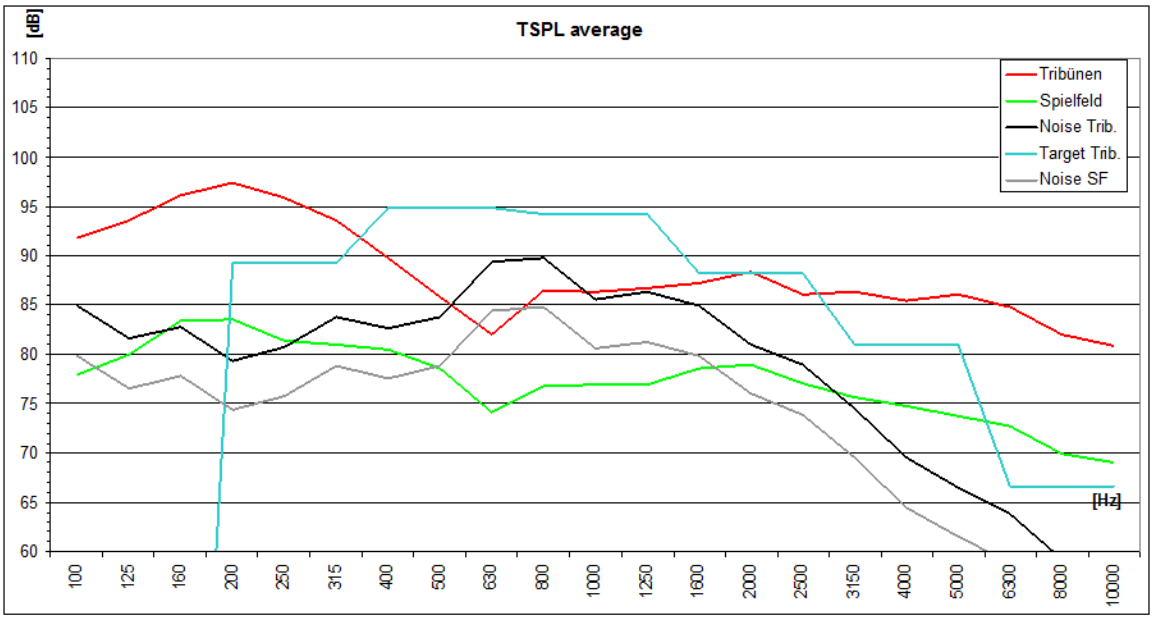
- Sprache männlich/weiblich für Sprachalarm
- <u>STI-PA Testsignal für STI Messungen</u> (Sprachspektrum und 12 dB Crestfaktor)
- EIA-426B Testsignal für Musikwiedergabe (Musikspektrum und 12 dB Crestfaktor)
- Wichtige Aspekte: Spektrale Zusammensetzung, Crest Faktor (Peak/RMS)
- Einsatz verschiedener Filterungen und Kompression für Musik, Sprache, Alarm, …





Pegelverhältnisse

- Gesamtschallpegel mit 32 W (21x 1,5W) Pinknoise ohne EQ
- Ziel: Sprache mit max. möglichem Pegel und Abstand zum Störsignal



Maximale Leistung für die Lautsprecher

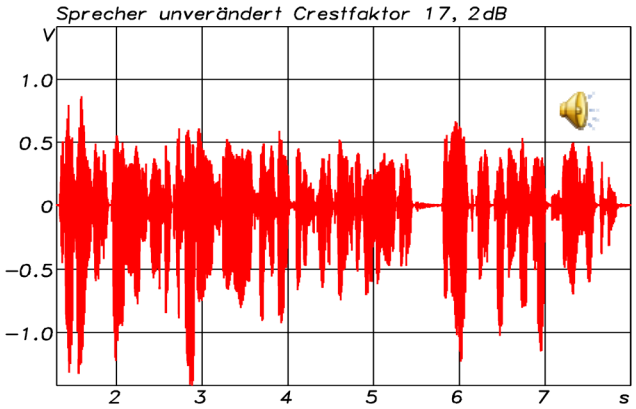
- Werte aus Datenblatt: 2000/500 W (peak/avg)
- Messsignal (STIPA Noise) hat einen Crestfaktor von 12 dB
- Bei 2000 W peak sind das 125 W average power
- der average power Wert **P_{avg}** auf der elektrischen Seite korrespondiert mit dem energieäquivalenten Dauerschallpegel **L_{eq}** auf der akustischen Seite
- Aus der Pinknoise Simulation lassen sich alle weiteren Werte ableiten

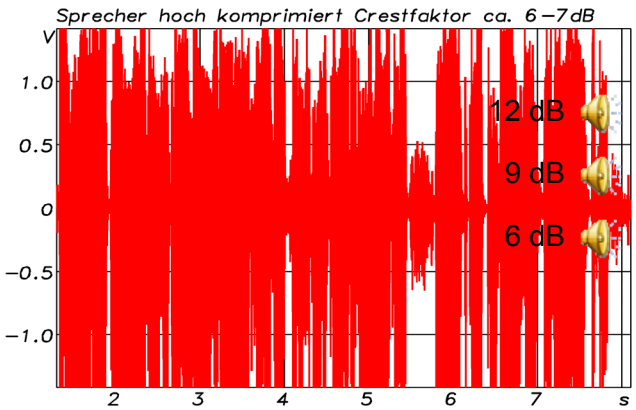
➢ Für einen L_{eq} von 105 dBA TSPL wird eine Leistung von 130 W_{avg} benötigt

➢ half space Werte für die Sensitivity ! (also -6 dB ? Wenn ja, für welche Frequenzbereiche?)

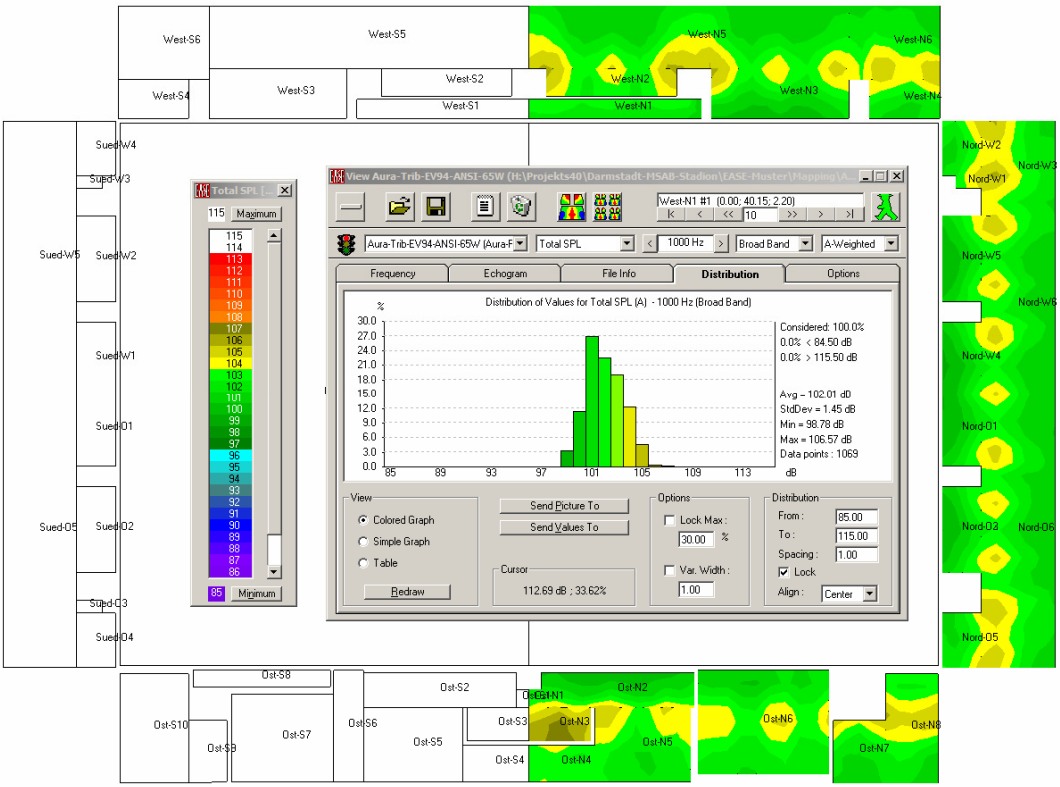
Signalkompression

- Zielwert: Crestfaktor 6 dB ?
- Theoretischer Verlust im STI-Wert durch die Kompression von 1 auf 0,89
  - Kann entsprechend der Norm durch separate Messungen des STI ohne Kompressor und des max.SPL mit Kompressor vermieden werden.
- Klanglich und von der Verständlichkeit problematisch
- Kompromiss: Kompression auf einen Crestfaktor von 9 dB
- 6 dB Verlust durch „half space“ und 3 dB Gewinn durch Kompression. Zielwert: 102 dBA

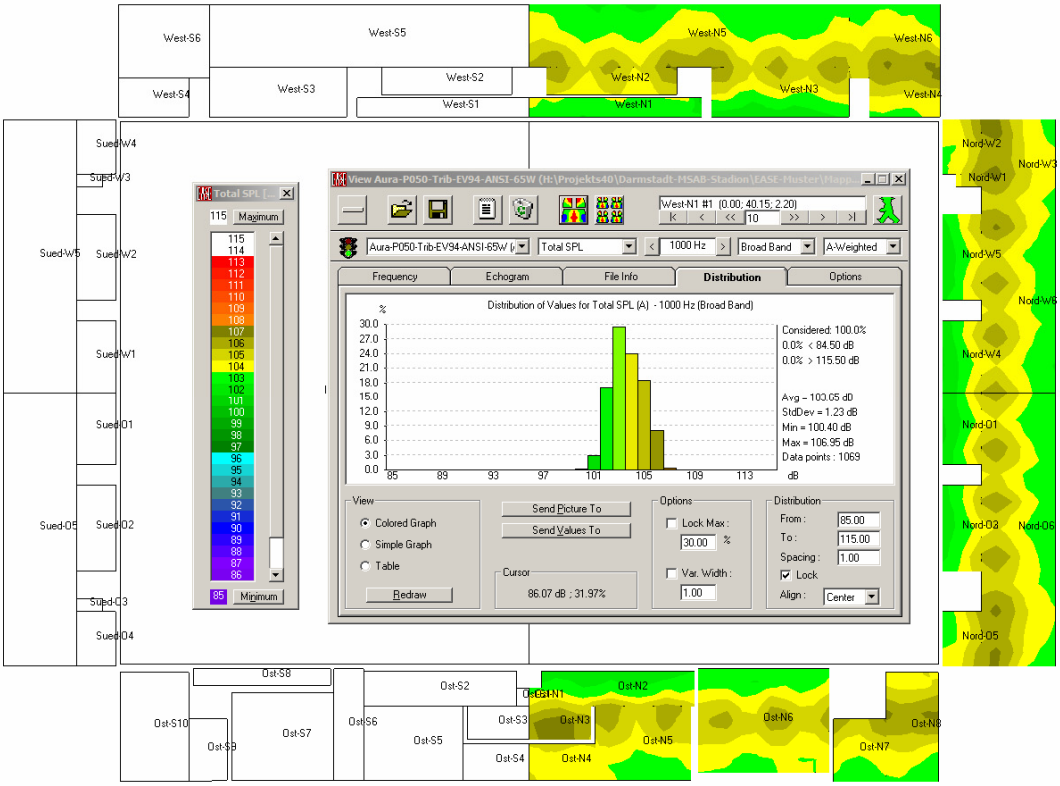




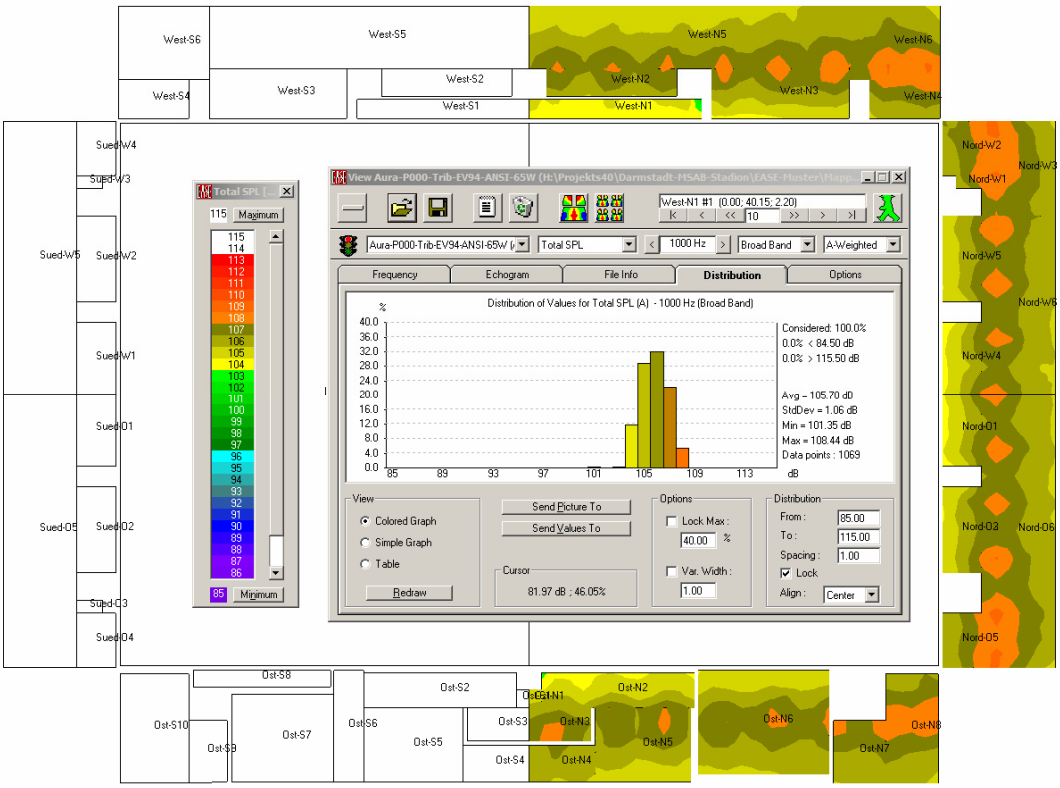
TSPL für 100% Besetzung



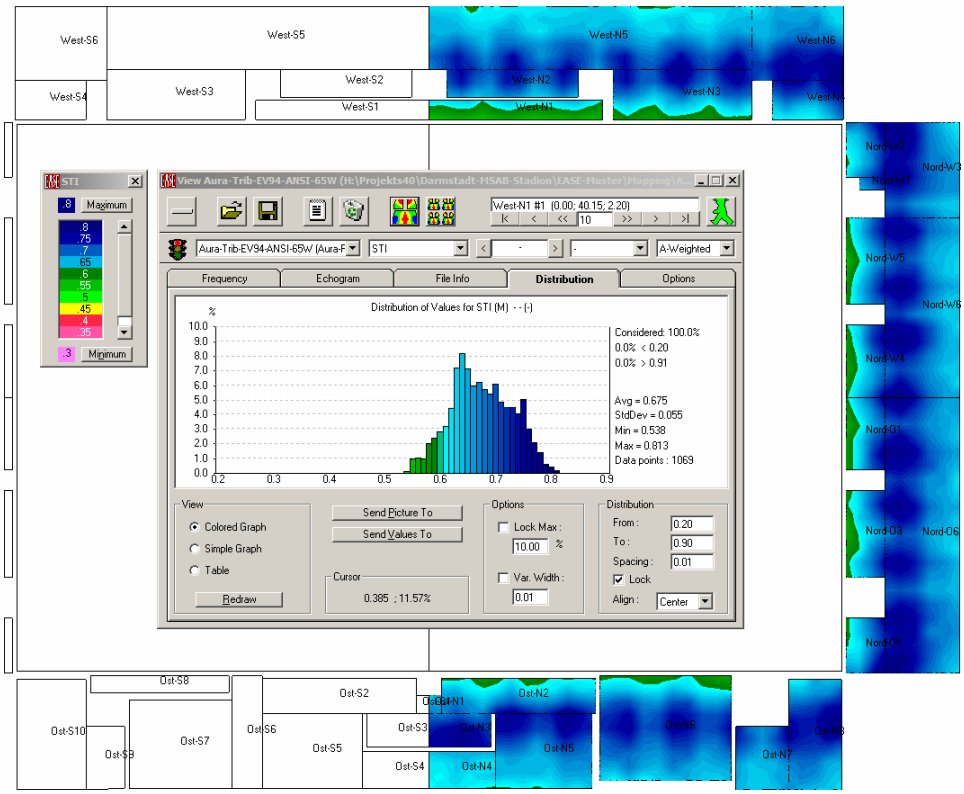
TSPL für 50% Besetzung



TSPL für 0% Besetzung

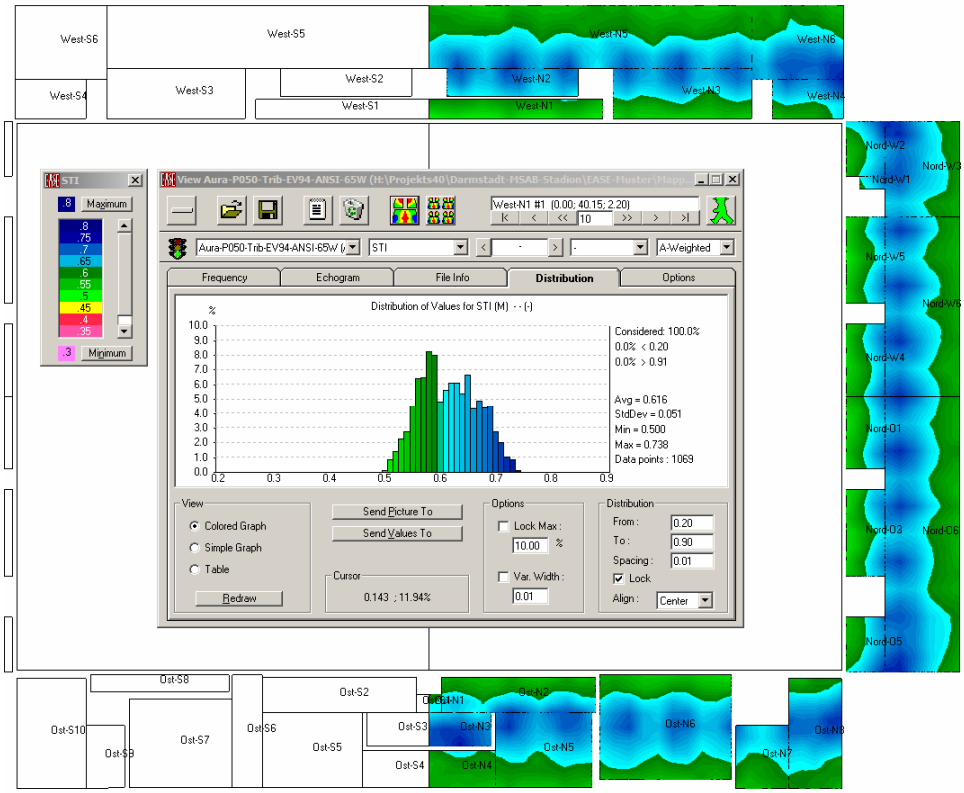


STI bei 100% Besetzung ohne S/N und ohne Maskierung



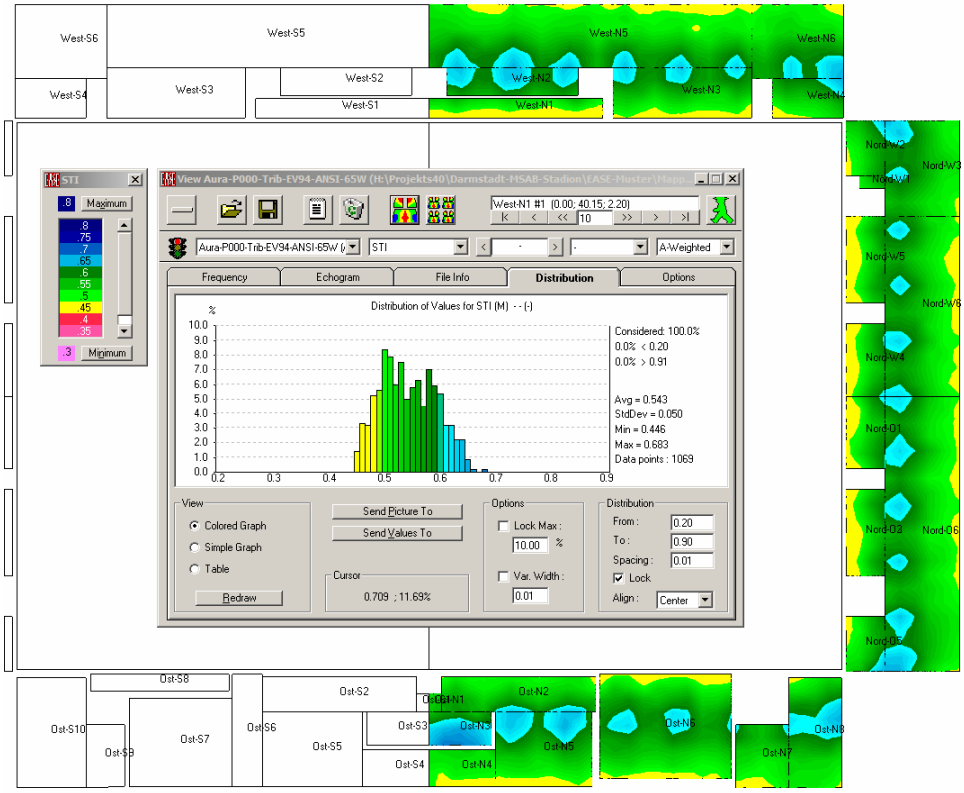
- Publikum:
  100%
- Noise:
  - dBA
- Sprache:
  - dBA
- STI Calc:
  - Male Speaker
  - No S/N
  - No Masking
- $STI_{MW\text{-}STABW}$
  0,68 - 0,06
  = **0,62**

STI bei 50% Besetzung ohne S/N und ohne Maskierung



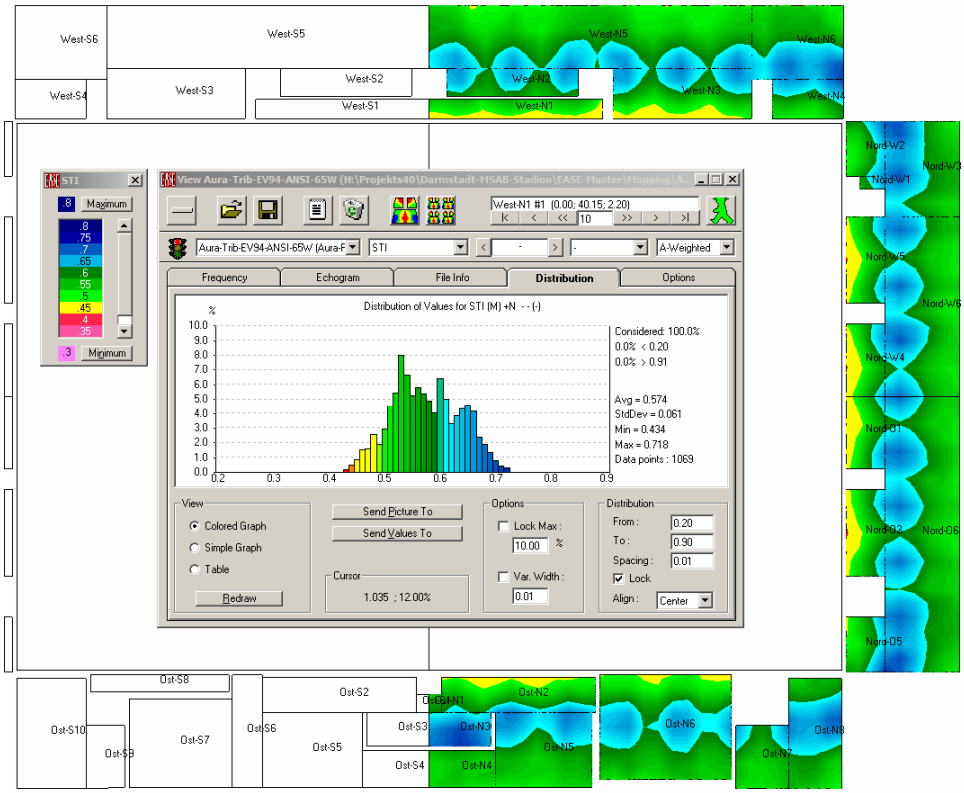
- Publikum:
  50%
- Noise:
  - dBA
- Sprache:
  - dBA
- STI Calc:
  - Male Speaker
  - No S/N
  - No Masking
- $STI_{MW\text{-}STABW}$
  0,62 - 0,05
  = **0,57**

STI bei 0% Besetzung ohne S/N und ohne Maskierung



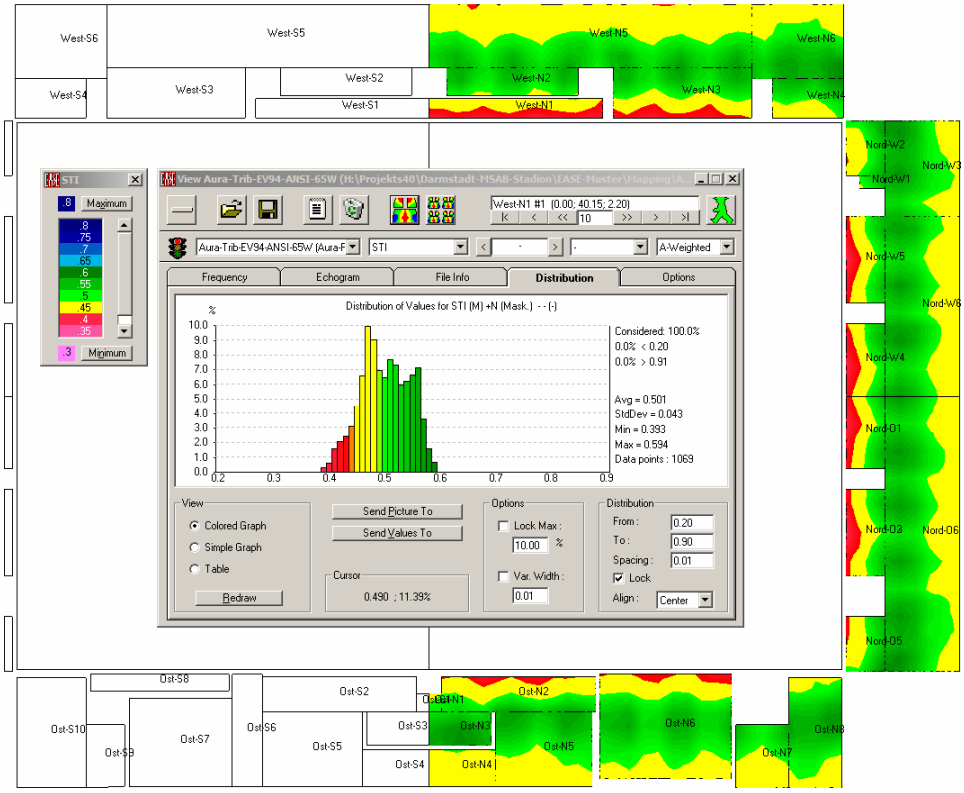
- Publikum:
  0%
- Noise:
  - dBA
- Sprache:
  - dBA
- STI Calc:
  - Male Speaker
  - No S/N
  - No Masking
- $STI_{MW\text{-}STABW}$
  0,54 - 0,05
  = **0,49**

STI bei 100% Besetzung mit S/N aber ohne Maskierung



- Publikum:
  100%
- Noise:
  95 dBA
- Sprache:
  102 dBA
- STI Calc:
  - Male Speaker
  - Incl. S/N
  - No Masking
- $STI_{MW\text{-}STABW}$
  0,57 - 0,06
  = **0,51**

STI bei 100% Besetzung mit S/N und mit Maskierung

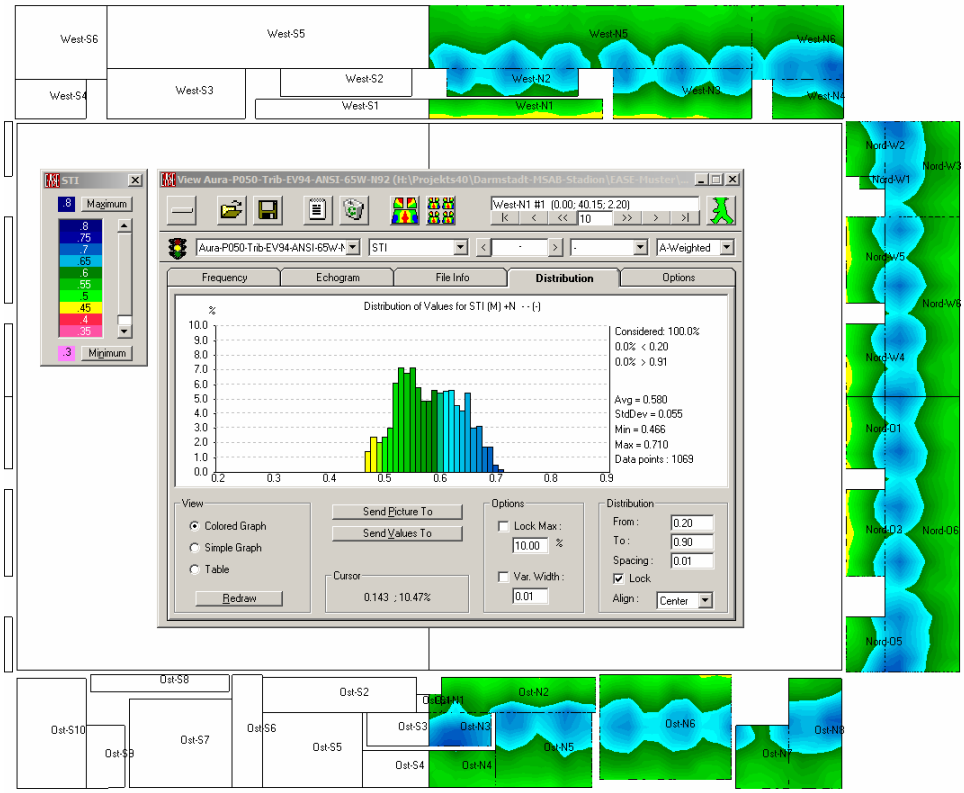


- Publikum: 100%
- Noise: 95 dBA
- Sprache: 102 dBA
- STI Calc:
  - Male Speaker
  - Incl. S/N
  - Incl. Masking
- $STI_{MW\text{-}STABW}$

  0,50 - 0,04

  = **0,46**

STI bei 50% Besetzung mit S/N aber ohne Maskierung

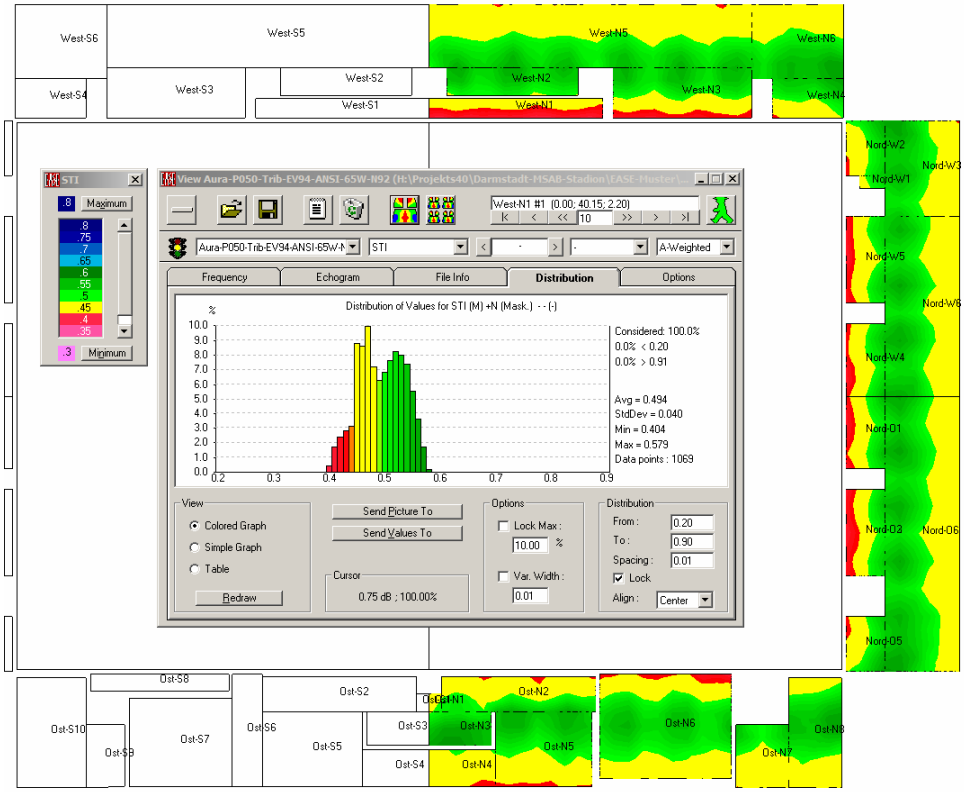


- Publikum: 50%
- Noise: 92 dBA
- Sprache: 103 (100) dBA
- STI Calc:
  - Male Speaker
  - Incl. S/N
  - No Masking
- $STI_{MW\text{-}STABW}$

  0,58 - 0,06

  = **0,52** (0,49)

STI bei 50% Besetzung mit S/N und mit Maskierung



- Publikum: 50%
- Noise: 92 dBA
- Sprache: 103 (100) dBA
- STI Calc:
  - Male Speaker
  - Incl. S/N
  - Incl. Masking
- $STI_{MW\text{-}STABW}$

  0,49 - 0,04

  = **0,45** (0,45)

Zusammenfassung der Ergebnisse

Besetzung	0%	50%	100%
Störpegel als L_{eq} in dBA	entfällt	92	95
Sprachpegel als L_{eq} in dBA	< 85 dBA	103 (100)	102
$STI_{MW\text{-}STABW}$ -	0,49	0,57	0,62
$STI_{MW\text{-}STABW}$ mit S/N	0,49	0,52 (0,49)	0,51
$STI_{MW\text{-}STABW}$ mit S/N und Mask.	0,49	0,45 (0,45)	0,46

Fehlerbetrachtung und Erfahrungen

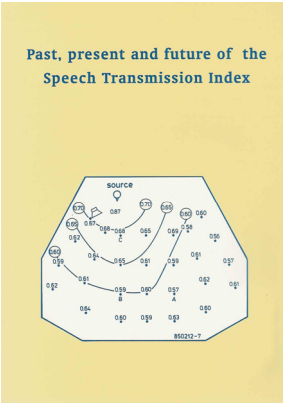
- Fehlerabschätzung
  - Ungenauigkeiten der Lautsprecherdaten
  - <u>Fehlinterpretation der Lautsprecherdaten</u>
  - Abweichung in den Werten der Absorberflächen
  - Nicht alle Absorber sind dem Schallfeld hinreichend exponiert
  - Unzulänglichkeiten der Simulationsverfahren:
    - Beugung geht nicht ein
    - Streuung wird nur stark vereinfacht berücksichtigt
  - Durch eine Nachhallzeitmessung und die darauf basierende Anpassung des Simulationsmodells kann die Planungssicherheit verbessert werden, was aber häufig nicht möglich ist, wenn sich die Stadien noch in der Bauphase befinden
- Erfahrungen
  - Pegelwerte werden bei richtiger Anwendung meist erreicht oder leicht übertroffen
  - STI Werte schwanken in einer Größenordnung von ±0,02
  - Bisher wurde meist eine gute Übereinstimmung erreicht.

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 Sprachalarm-anlagen nach DIN 14675

Paper Download

www.ifaa-akustik.de

Manuskript zu diesem Vortrag mit Text und Grafiken als PDF File