Plan-Nr. GP----_UX_X----_5ELP002ebBXXXX

Index	Art der Änderung	Datum	Verfasser	Datum	Freigabe
-	-	-	-	-	-
B	Version 2.0	10.02.16	Georgieva	-	-
A	Version 1.0	23.10.15	Georgieva	-	-

Datum: gez.:	Datum: gez.:
APV Datum: gez.:	APV Datum: gez.:

Sachverständiger Datum: gez.:	Sachverständiger Datum: gez.:	Bautechnischer Prüfer Datum: gez.:

Planungskoordinator SBEV
Datum: gez.:

Fachbereichsleiter VerkehrsGesellschaft Frankfurt am Main mbH Datum: gez.:	Geschäftsbereichsleiter VerkehrsGesellschaft Frankfurt am Main mbH Datum: gez.:
Projektleitung SBEV Datum: gez.:	Der Betriebsleiter gem. §§8 und 9 BOStrab VerkehrsGesellschaft Frankfurt am Main mbH Datum: gez.:

Regierungspräsidium Darmstadt
Technische Aufsicht über Straßenbahnen
Datum: gez.:

Freigabe zur Ausführung erteilt
SBEV Projektbaugesellschaft mbH
Datum: gez.:

STADT FRANKFURT AM MAIN

VerkehrsGesellschaft Frankfurt am Main mbH

SBEV
Stadtbahn Europaviertel Projektbaugesellschaft mbH

SBEV Projektbaugesellschaft mbH
Mainzer Landstraße 191
60327 Frankfurt

Bauausführung

Planersteller
ARGE Obermeyer/Spiekermann VGF Europaviertel

OBERMEYER PLANEN + BERATEN GmbH
Quatermarkt 5
50667 Köln
Tel.: 0221 / 20904-0
http: www.opb.de

spiekermann consulting engineers
Hildesheimer Str. 25
30169 Hannover
Tel.: 0511-543254-45
www.spiekermann.de

Projekt
Stadtbahnstrecke Europaviertel

Planungsphase	Liegenschaft / Strecke	Grundstr. / Teilabschn.
Ausführungsplanung	0044	B / III

Bezeichnung
Station Güterplatz
Beschallungsbericht
Gleisselektive Beschallung

	Datum	Name		
bearb.	10.02.16	Georgieva	Anlage	-
geprueft	10.02.16	Kasperlik	Blatt	-
genehm.			Maßstab	ohne
			Projekt-Nr.	-

Plannummer
GP----_UX_X----_5ELP002ebBXXXX

Index
B

AudioCoustic
Audio & Acoustic Design
Vorsprung durch Qualität
ISO 9001 certified

AudioCoustic GbR
Alte Landtrasse 12, Haus A
85521 Ottobrunn, Deutschland
www.audiocoustic.com

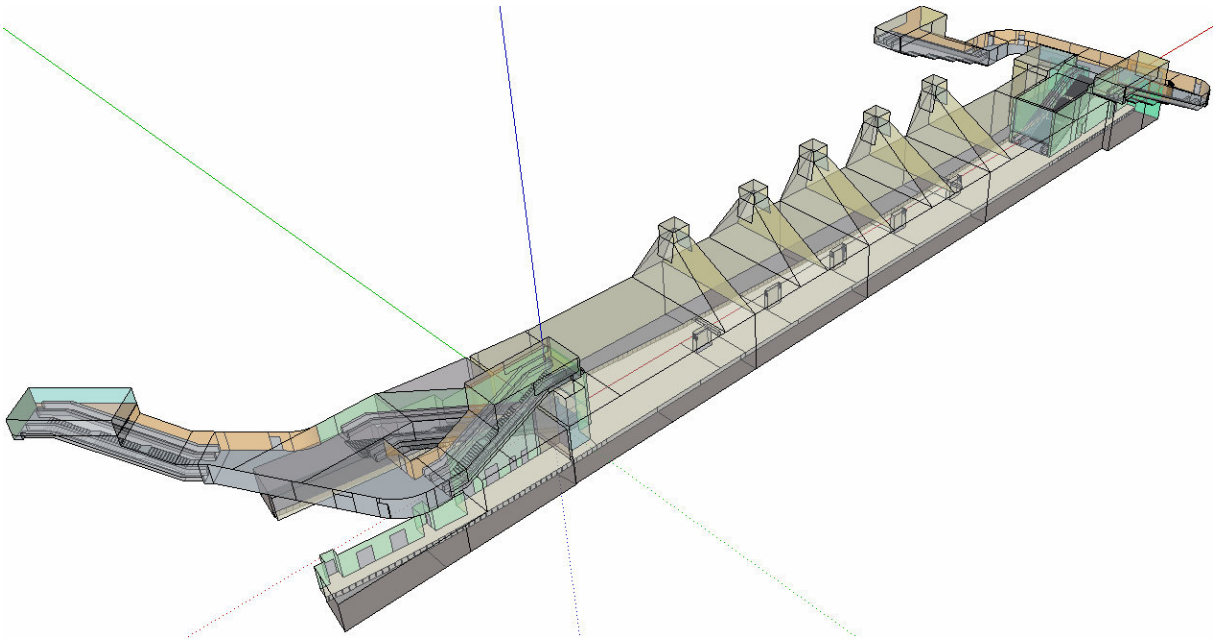
U-Bahnhof

Station Güterplatz

Beschallungsbericht

gleichzeitige gleisselektive Beschallung

Version 2.0 vom 10.02.16



Obermeyer
Planen+Beraten GmbH
Quatermarkt 5

D-50667 Köln

Dokument:

Bericht zur Machbarkeitsstudie - gleisselektive und gleichzeitige Beschallung zur Information von Reisenden

- Station Güterplatz in Frankfurt am Main -

Auftraggeber: Obermeyer Planen+Beraten GmbH
Quatermarkt 5
50667 Köln

Auftragnehmer: AudioCoustic GbR, Alte Landstrasse 12, 85521 Ottobrunn

Erstellt von: Stanislava Georgieva, Tel.:089-88980204, Email: s.georgieva@audiocoustic.com

Erstellungsdatum: 23.10.15

Interne QS: Jan Kasperlik, Tel.: 089-12470605, Email: j.kasperlik@audiocoustic.com

Interne QS Datum: 23.10.15

Grundlagen CAD-Daten:

- Bericht zur elektroakustischen Untersuchung und Berechnung nach DIN VDE 0833-4 der Station Güterplatz in Frankfurt am Main erstellt von AudioCoustic GbR, Ausgabestand 2.0 vom 01.07.15
- CAD-Pläne übermittelt von Obermeyer Planen + Beraten GmbH am 22.10.2015

Grundlagen Anwendung:

- Ausstattungsniveau II
- TM 05/2010 – Beleuchtung/Beschallung in uPvas
- Muster-Leitungsanlagenrichtlinie Stand 17.11.05

Index	Ausgabe	Von	Datum
1.0	QS geprüfte Initialausgabe	S. Georgieva	23.10.15
2.0	Änderung: - Variante 1: Lautsprecher eingebaut in den Multifunktionsboxen - Variante 2: Lautsprecher montiert an der Rohdecke - geäderte Ausführung der Multifunktionsboxen, Stand 10.10.15	S. Georgieva	10.02.16

© AudioCoustic GbR, Alte Landstrasse 12, 88521 Ottobrunn

http://www.audiocoustic.com Email: info@audiocoustic.com

Inhaltsverzeichnis

Vorwort ... 6
1 Ergebnis ... 7
2 Zusammenfassung Aufgabenstellung ... 9
3 Nachhallzeit – Bahnsteigebene ... 10
4 Technische Lösung zur Informierung von Reisenden/ Gleisselektivität ... 10
5 Variante 1 – passive Lautsprecherzeilen in den Multifunktionsboxen ... 11
5.1 Lautsprecheranordnung ... 11
5.2 Eingesetzter Lautsprecher ... 16
5.3 Installationskoordinaten und Einstellungsparameter der Lautsprecher ... 17
5.4 Elektroakustische Berechnung – Gleisselektive, gleichzeitige Beschallung ... 19
5.4.1 Fall1: Gleiskante Süd aktiv und Gleiskante Nord inaktiv ... 21
5.4.1.1 Sprachverständlichkeit Gleiskante Süd ... 21
5.4.1.2 Gesamtschalldruck Gleiskante Süd ... 23
5.4.1.3 Sprachverständlichkeit (durch Übersprechen) auf der benachbarten Gleiskante Nord ... 25
5.4.1.4 Gesamtschalldruck (Übersprechen) auf der benachbarten Gleiskante Nord ... 28
5.4.1.5 Zusammenfassung Fall 1: Gleiskante Süd ist aktiv und die Gleiskante Nord inaktiv ... 30
5.4.2 Fall 2: gleichzeitige Beschallung der Gleiskanten Süd und Nord ... 31
5.4.2.1 Sprachverständlichkeit der Ansage der Gleiskante Süd an der Zuhörerfläche Gleiskante Süd ... 31
5.4.2.2 Sprachverständlichkeit der Ansage der Gleiskante Nord an der Zuhörerfläche Gleiskante Süd ... 33
5.4.2.3 Zusammenfassung Fall 2: gleichzeitige Beschallung Gleiskanten Süd und Nord ... 35
6 Variante 2 – passive horizontale Zeilenlautsprecherzeilen in einem Raster von 13,5m ... 36
6.1 Lautsprecheranordnung und eingesetzter Lautsprecher ... 36
6.2 Installationskoordinaten und Einstellungsparameter der Lautsprecher ... 37
6.3 Elektroakustische Berechnung – Gleisselektive, gleichzeitige Beschallung ... 38
6.3.1 Fall1: Gleiskante Süd aktiv und Gleiskante Nord inaktiv ... 38
6.3.1.1 Sprachverständlichkeit Gleiskante Süd ... 38
6.3.1.2 Gesamtschalldruck Gleiskante Süd ... 39
6.3.1.3 Sprachverständlichkeit (durch Übersprechen) auf der benachbarten Gleiskante Nord ... 40
6.3.1.4 Gesamtschalldruck (Übersprechen) auf der benachbarten Gleiskante Süd ... 42
6.3.1.5 Zusammenfassung Fall 1: Gleiskante Süd ist aktiv und die Gleiskante Nord inaktiv ... 43
6.3.2 Fall 2: gleichzeitige Beschallung der Gleiskanten Süd und Nord ... 43
6.3.2.1 Sprachverständlichkeit der Ansage der Gleiskante Süd an der Zuhörerfläche Gleiskante Süd ... 43
6.3.2.2 Sprachverständlichkeit der Ansage der Gleiskante Nord an der Zuhörerfläche Gleiskante Süd ... 45
6.3.2.3 Zusammenfassung Fall 2: gleichzeitige Beschallung Gleiskanten Süd und Nord ... 46
7 Abkürzungsverzeichnis ... 47
8 Anhang ... 48
8.1 Variante 1 – passive Lautsprecherzeilen in einem Raster von 5m ... 48
8.1.1 Lautsprecheranordnung und eingesetzter Lautsprecher ... 48
8.1.2 Installationskoordinaten und Einstellungsparameter der Lautsprecher ... 49
8.1.3 Elektroakustische Berechnung – Gleisselektive, gleichzeitige Beschallung ... 51
8.1.4 Fall1: Gleiskante Süd aktiv und Gleiskante Nord inaktiv ... 53
8.1.4.1 Sprachverständlichkeit Gleiskante Süd ... 53
8.1.4.2 Gesamtschalldruck Gleiskante Süd ... 54
8.1.4.3 Sprachverständlichkeit (durch Übersprechen) auf der benachbarten Gleiskante Nord ... 56
8.1.4.4 Gesamtschalldruck (Übersprechen) auf der benachbarten Gleiskante Nord ... 57
8.1.4.5 Zusammenfassung Fall 1: Gleiskante Süd aktiv, Gleiskante Nord inaktiv ... 58
8.1.5 Fall 2: gleichzeitige Beschallung der Gleiskanten Süd und Nord ... 58
8.1.5.1 Sprachverständlichkeit der Ansage der Gleiskante Süd an der Zuhörerfläche Gleiskante Süd ... 58
8.1.5.2 Sprachverständlichkeit der Ansage der Gleiskante Nord an der Zuhörerfläche Gleiskante Süd ... 60
8.1.5.3 Zusammenfassung Fall 2: gleichzeitige Beschallung Gleiskanten Süd und Nord ... 61
9 Variante 2 – passive horizontale Zeilenlautsprecherzeilen in einem Raster von 11-15m ... 61
9.1 Lautsprecheranordnung und eingesetzter Lautsprecher ... 61
9.2 Installationskoordinaten und Einstellungsparameter der Lautsprecher ... 63
9.3 Elektroakustische Berechnung – Gleisselektive, gleichzeitige Beschallung ... 64
9.3.1 Fall1: Gleiskante Süd aktiv und Gleiskante Nord inaktiv ... 64
9.3.1.1 Sprachverständlichkeit Gleiskante Süd ... 64
9.3.1.2 Gesamtschalldruck Gleiskante Süd ... 65
9.3.1.3 Sprachverständlichkeit (durch Übersprechen) auf der benachbarten Gleiskante Nord ... 67
9.3.1.4 Gesamtschalldruck (Übersprechen) auf der benachbarten Gleiskante Nord ... 68
9.3.1.5 Zusammenfassung Fall 1: Gleiskante Süd aktiv, Gleiskante Nord inaktiv ... 69
9.3.2 Fall 2: gleichzeitige Beschallung der Gleiskanten Süd und Nord ... 69

9.3.2.1 Sprachverständlichkeit der Ansage der Gleiskante Süd an der Zuhörerfläche Gleiskante Süd..... 69
9.3.2.2 Sprachverständlichkeit der Ansage der Gleiskante Nord an der Zuhörerfläche Gleiskante Süd 71
9.3.2.3 Zusammenfassung Fall 2: gleichzeitige Beschallung Gleiskanten Süd und Nord..... 72

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Nachhallzeit T30 über der Frequenz mit raumakustisch absorbierender Decke 10
Abbildung 2: Anordnung der Lautsprecherzeilen der Variante 1b im 3D Modell der Station Güerplatz 11
Abbildung 3: Lautsprecherzeilen im 3D Modell der Multifunktionsbox 12
Abbildung 4: Ausrichtung der Lautsprecherzeilen An 1-Gl Süd -LS1 und An 1-Gl Nord -LS1 in der Multifunktionsbox 13
Abbildung 5: Ausrichtung der Lautsprecherzeilen An 1-Gl Süd –LS2 bis 9 und An 1-Gl Nord –LS2 bis 9 in der Multifunktionsbox 13
Abbildung 6: Ausrichtung der Lautsprecherzeilen An 1-Gl Süd -LS10 und An 1-Gl Nord -LS10 in der Multifunktionsbox 14
Abbildung 7: Maße der Abdeckgitter 15
Abbildung 8: Montage der Lautsprecherzeilen an den Treppenaufgängen 16
Abbildung 9: Abstrahlcharakteristik TS-C20-500/T-EN54, Balloon Oktave-Band 1 kHz 17
Abbildung 10: Koordinatensystem im 3D Modell der Station Güterplatz 17
Abbildung 11: Lautsprecherausrichtung: Neigungs- und Drehwinkel 19
Abbildung 12: Station Güterplatz - Gleiskantenbezeichnung 20
Abbildung 13: Variante 1a - Gleiskante Süd aktiv - 3D STI Verteilung an Gleiskante Süd, 70dB[A] Hintergrund .. 22
Abbildung 14: Variante 1a - Gleiskante Süd aktiv - STI Histogramm Gleiskante Süd, 70dB[A] Hintergrund 22
Abbildung 15: Variante 1b - Gleiskante Süd aktiv - 3D STI Verteilung an Gleiskante Süd, 70dB[A] Hintergrund .. 23
Abbildung 16: Variante 1b - Gleiskante Süd aktiv - STI Histogramm Gleiskante Süd, 70dB[A] Hintergrund 23
Abbildung 17: Variante 1a - Gleiskante Süd aktiv - TotalSPL 3D Verteilung, Gleiskante Süd 24
Abbildung 18: Variante 1a - Gleiskante Süd aktiv - TotalSPL Histogramm, Gleiskante Süd 24
Abbildung 19: Variante 1b - Gleiskante Süd aktiv - TotalSPL 3D Verteilung, Gleiskante Süd 25
Abbildung 20: Variante 1b - Gleiskante Süd aktiv - TotalSPL Histogramm, Gleiskante Süd 25
Abbildung 21: Variante 1a - Gleiskante Süd aktiv - STI 3D Verteilung an Gleiskante Nord, 70dB[A] Hintergrund 26
Abbildung 22: Variante 1a - Gleiskante Süd aktiv - STI Histogramm Gleiskante Nord, 70dB[A] Hintergrund 26
Abbildung 23: Variante 1b - Gleiskante Süd aktiv - STI 3D Verteilung an Gleiskante Nord, 70dB[A] Hintergrund 27
Abbildung 24: Variante 1b - Gleiskante Süd aktiv - STI Histogramm Gleiskante Nord, 70dB[A] Hintergrund 27
Abbildung 25: Variante 1a - Gleiskante Süd aktiv - TotalSPL 3D Verteilung Gleiskante Nord 28
Abbildung 26: Variante 1a - Gleiskante Süd aktiv - TotalSPL Histogramm Gleiskante Nord 29
Abbildung 27: Variante 1b - Gleiskante Süd aktiv - TotalSPL 3D Verteilung Gleiskante Nord 29
Abbildung 28: Variante 1b - Gleiskante Süd aktiv - TotalSPL Histogramm Gleiskante Nord 30
Abbildung 29: Variante 1a - Gleiskanten Süd und Nord aktiv - STI 3D Verteilung Ansage Gleiskante Süd, 84dB[A] Hintergrund 31
Abbildung 30: Variante 1a - Gleiskanten Süd und Nord aktiv - STI Histogramm Ansage Gleiskante Süd, 84dB[A] Hintergrund 32
Abbildung 31: Variante 1b - Gleiskanten Süd und Nord aktiv - STI 3D Verteilung Ansage Gleiskante Süd, 84dB[A] Hintergrund 32
Abbildung 32: Variante 1b - Gleiskanten Süd und Nord aktiv - STI Histogramm Ansage Gleiskante Süd, 84dB[A] Hintergrund 33
Abbildung 33: Variante 1a - Gleiskanten Süd und Nord aktiv - STI 3D Verteilung Ansage Gleiskante Nord auf Gleiskante Süd, 89dB[A] Hintergrund 34
Abbildung 34: Variante 1a - Gleiskanten Süd und Nord aktiv - STI Histogramm Ansage Gleiskante Nord auf Gleiskante Süd, 89dB[A] Hintergrund 34
Abbildung 35: Variante 1b - Gleiskanten Süd und Nord aktiv - STI 3D Verteilung Ansage Gleiskante Nord auf Gleiskante Süd, 89dB[A] Hintergrund 35
Abbildung 36: Variante 1b - Gleiskanten Süd und Nord aktiv - STI Histogramm Ansage Gleiskante Nord auf Gleiskante Süd, 89dB[A] Hintergrund 35
Abbildung 37: Bahnsteigebene – Anordnung der horizontalen Intellivox H90 Lautsprecherzeilen im 3D Modell .. 36
Abbildung 38: Abstrahlcharakteristik Intellivox H90, Balloon Oktave-Band 1 kHz 37
Abbildung 39: Variante 2 - Gleiskante Süd aktiv - 3D STI Verteilung an Gleiskante Süd, 70dB[A] Hintergrund 39
Abbildung 40: Variante 2 - Gleiskante Süd aktiv - STI Histogramm Gleiskante Süd, 70dB[A] Hintergrund 39
Abbildung 41: Variante 2 - Gleiskante *Süd* aktiv - TotalSPL 3D Verteilung, Gleiskante *Süd* 40
Abbildung 42: Variante 2 - Gleiskante *Süd* aktiv - TotalSPL Histogramm, Gleiskante *Süd* 40
Abbildung 43: Variante 2 - Gleiskante Süd aktiv - STI 3D Verteilung an Gleiskante Nord, 70dB[A] Hintergrund .. 41
Abbildung 44: Variante 2 - Gleiskante Süd aktiv - STI Histogramm Gleiskante Nord, 70dB[A] Hintergrund 41
Abbildung 45: Variante 2 - Gleiskante Nord aktiv - TotalSPL 3D Verteilung Gleiskante Süd 42
Abbildung 46: Variante 2 - Gleiskante Nord aktiv - TotalSPL Histogramm Gleiskante Süd 42
Abbildung 47: Variante 2 - Gleiskanten Süd und Nord aktiv - STI 3D Verteilung Ansage Gleiskante Süd, 84dB[A] Hintergrund 44
Abbildung 48: Variante 2 - Gleiskanten Süd und Nord aktiv - STI Histogramm Ansage Gleiskante Süd, 84dB[A] Hintergrund 44

Abbildung 49: Variante 1 - Gleiskanten Süd und Nord aktiv - STI 3D Verteilung Ansage Gleiskante Nord auf Gleiskante Süd, 89dB[A] Hintergrund 45
Abbildung 50: Variante 1 - Gleiskanten Süd und Nord aktiv - STI Histogramm Ansage Gleiskante Nord auf Gleiskante Süd, 89dB[A] Hintergrund 46
Abbildung 51: Bahnsteigebene – Anordnung der TS-C10-300/T-EN54 Lautsprecherzeilen im 3D Modell 48
Abbildung 52: Abstrahlcharakteristik TS-C10-300/T-EN54, Balloon Oktave-Band 1 kHz 49
Abbildung 53: Koordinatensystem im 3D Modell der Station Güterplatz 49
Abbildung 54: Station Güterplatz - Gleiskantenbezeichnung 52
Abbildung 55: Variante 1 - Gleiskante Süd aktiv - 3D STI Verteilung an Gleiskante Süd, 70dB[A] Hintergrund 54
Abbildung 56: Variante 1 - Gleiskante Süd aktiv - STI Histogramm Gleiskante Süd, 70dB[A] Hintergrund 54
Abbildung 57: Variante 1 - Gleiskante Süd aktiv - TotalSPL 3D Verteilung, Gleiskante Süd 55
Abbildung 58: Variante 1 - Gleiskante Süd aktiv - TotalSPL Histogramm, Gleiskante Süd 55
Abbildung 59: Variante 1 - Gleiskante Süd aktiv - STI 3D Verteilung an Gleiskante Nord, 70dB[A] Hintergrund 56
Abbildung 60: Variante 1 - Gleiskante Süd aktiv - STI Histogramm Gleiskante Nord, 70dB[A] Hintergrund 56
Abbildung 61: Variante 1 - Gleiskante Süd aktiv - TotalSPL 3D Verteilung Gleiskante Nord 57
Abbildung 62: Variante 1 - Gleiskante Süd aktiv - TotalSPL Histogramm Gleiskante Nord 58
Abbildung 63: Variante 1 - Gleiskanten Süd und Nord aktiv - STI 3D Verteilung Ansage Gleiskante Süd, 82,9dB[A] Hintergrund 59
Abbildung 64: Variante 1 - Gleiskanten Süd und Nord aktiv - STI Histogramm Ansage Gleiskante Süd, 82,9dB[A] Hintergrund 59
Abbildung 65: Variante 1 - Gleiskanten Süd und Nord aktiv - STI 3D Verteilung Ansage Gleiskante Nord auf Gleiskante Süd, 87,3dB[A] Hintergrund 60
Abbildung 66: Variante 1 - Gleiskanten Süd und Nord aktiv - STI Histogramm Ansage Gleiskante Nord auf Gleiskante Süd, 87,3dB[A] Hintergrund 61
Abbildung 67: Bahnsteigebene – Anordnung der horizontalen Intellivox H90 Lautsprecherzeilen im 3D Modell 62
Abbildung 68: Abstrahlcharakteristik Intellivox H90, Balloon Oktave-Band 1 kHz 63
Abbildung 69: Variante 2 - Gleiskante Süd aktiv - 3D STI Verteilung an Gleiskante Süd, 70dB[A] Hintergrund 65
Abbildung 70: Variante 2 - Gleiskante Süd aktiv - STI Histogramm Gleiskante Süd, 70dB[A] Hintergrund 65
Abbildung 71: Variante 2 - Gleiskante Süd aktiv - TotalSPL 3D Verteilung, Gleiskante Süd 66
Abbildung 72: Variante 2 - Gleiskante Süd aktiv - TotalSPL Histogramm, Gleiskante Süd 66
Abbildung 73: Variante 2 - Gleiskante Süd aktiv - STI 3D Verteilung an Gleiskante Nord, 70dB[A] Hintergrund 67
Abbildung 74: Variante 2 - Gleiskante Süd aktiv - STI Histogramm Gleiskante Nord, 70dB[A] Hintergrund 67
Abbildung 75: Variante 2 - Gleiskante Süd aktiv - TotalSPL 3D Verteilung Gleiskante Nord 68
Abbildung 76: Variante 2 - Gleiskante Süd aktiv - TotalSPL Histogramm Gleiskante Nord 68
Abbildung 77: Variante 2 - Gleiskanten Süd und Nord aktiv - STI 3D Verteilung Ansage Gleiskante Süd, 84dB[A] Hintergrund 70
Abbildung 78: Variante 2 - Gleiskanten Süd und Nord aktiv - STI Histogramm Ansage Gleiskante Süd, 84dB[A] Hintergrund 70
Abbildung 79: Variante 1 - Gleiskanten Süd und Nord aktiv - STI 3D Verteilung Ansage Gleiskante Nord auf Gleiskante Süd, 88,6dB[A] Hintergrund 71
Abbildung 80: Variante 1 - Gleiskanten Süd und Nord aktiv - STI Histogramm Ansage Gleiskante Nord auf Gleiskante Süd, 88,6dB[A] Hintergrund 72

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Variante 1a - Installationskoordinaten passiven Lautsprecherzeilen am Gleis Süd 18
Tabelle 2: Variante 1a - Installationskoordinaten passiven Lautsprecherzeilen am Gleis Nord 18
Tabelle 3: Variante 1b - Installationskoordinaten passiven Lautsprecherzeilen am Gleis Süd 18
Tabelle 4: Variante 1b - Installationskoordinaten passiven Lautsprecherzeilen am Gleis Nord 19
Tabelle 5: Installationskoordinaten passive Lautsprecherzeilen Intellivox H90, Gleiskante Süd 37
Tabelle 6: Installationskoordinaten passive Lautsprecherzeilen Intellivox H90, Gleiskante Nord 38
Tabelle 7: Installationskoordinaten passive Lautsprecherzeilen TS-C10-300/T-EN54 am Gleis Süd 50
Tabelle 8: Installationskoordinaten passive Lautsprecherzeilen TS-C10-300/T-EN54 am Gleis Nord 50
Tabelle 9: Installationskoordinaten passive Lautsprecherzeilen Intellivox H90, Gleiskante Süd 63
Tabelle 10: Installationskoordinaten passive Lautsprecherzeilen Intellivox H90, Gleiskante Nord 64

Vorwort

Als Grundlage zur nachfolgenden Machbarkeitsstudie der Gleisselektivität ist das 3D Modell des Berichts zur elektroakustischen Untersuchung und Berechnung nach DIN VDE 0833-4 der Station Güterplatz in Frankfurt am Main verwendet worden.

Die Untersuchungen decken die öffentlichen Verkehrsflächen der Bahnsteigebene (C-Ebene) der Station ab. Die Anlage dient zur Informierung der Reisenden und ist in Anlehnung an den Vorschriften der Ausstattungsniveau 2 der Deutsche Bahn ausgeführt. Sie soll die gleisselektive, gleichzeitige und vor allem verständliche Beschallung der beiden Gleiskanten des Mittelbahnsteigs ermöglichen.

Die Berechnung der Schallausbreitung und somit erzielbaren elektroakustischen Kenndaten für Sprachverständlichkeit und Gesamtschalldruck kann nur mit komplexen Berechnungsverfahren durchgeführt werden, die die Raumarchitektur, Oberflächenbeschaffenheiten und Abstandsmaße einberechnet. Rein statistische Berechnungen sind nicht aussagekräftig. Es wurde das Programm EASE 4.3 mit dem AURA Plug-In der RWTH Aachen eingesetzt.

1 Ergebnis

Ergebnis 1 – Gleisselektive, gleichzeitige Beschallung
Die im nachfolgenden Simulationsbericht dargestellte und berechnete technische Lösungen ermöglichen die gleisselektive, gleichzeitige und vor allem verständliche Beschallung beider Gleiskanten des Mittelbahnsteigs.
Es wurden zwei Ausführungen der Variante 1 untersucht, die als Variante 1a und Variante 1b bezeichnet wurden. Die Variante 1a setzt Lautsprecherzeilen in den Ecken der fünf Multifunktionsboxen, die entlang der Bahnsteigmittelachse angeordnet sind. Somit strahlen aus jeder Multifunktionsbox 2 Lautsprecher schräg zur Gleiskante Süd und 2 Lautsprecher schräg zur Gleiskante Nord. Da die erste und die letzte Multifunktionsbox 21m von den Treppenaufgängen zu der Verteilerebene entfernt sind entsteht am Anfang und am Ende des Bahnsteigs jeweils einen Bereich von ca.14m in dem die Ansagen der beiden Gleiskanten mit einem STI-Wert von 0,34 sehr schlecht zu verstehen sein werden.
Um diese Bereiche beschallen zu können wurde die Variante 1a um 4 Lautsprecher erweitert, die an den Seitenwänden der Treppenaufgänge zu den Verteilerebenen West und Ost angebracht sind. Diese Ausführung wird hier als Variante 1b bezeichnet.

Die Lautsprecher der Variante 2 werden an der Rohdecke über die jeweilige Gleiskante montiert und strahlen senkrecht zur Bahnsteigoberfläche. Variante 2 setzt die Zeilen Intellivox H90, die einen sehr kleinen horizontalen Abstrahlungswinkel und einen breiten vertikalen Abstrahlungswinkel aufweisen. Dadurch gelingt der Schalldruck stark gebündelt an die Zuhörerfläche der eigenen Gleiskante und gedämpft an die benachbarte Gleiskante.

Der nachfolgende Bericht und seine Berechnungen bilden immer die erzielbaren Gesamtschalldruckwerte für Rosa Rauschen (Crestfaktor 6dB) ab, da bei der Einmessung in der Regel Rosa Rauschen verwendet wird. Ein nicht komprimiertes Sprachsignal mit einem Crestfaktor von 12dB erzielt einen um 6dB niedrigeren Gesamtschalldruck als Rosa Rauschen.

Fall 1 – Lautsprecher Gleiskante *Süd* aktiv, Gleiskante *Nord* inaktiv (Übersprechen Gleiskante *Süd* zu Gleiskante *Nord* am selben Mittelbahnsteig)

Die Lautsprecher der **Variante 1a** der Gleiskante *Süd* erzeugen einen mittleren Gesamtschalldruck von 89dB[A] an der eigenen Gleiskante. Durch Übersprechen wird an der benachbarten Gleiskante *Nord* von den Lautsprechern an Gleiskante *Süd* ein mittlerer Gesamtschalldruck von 83dB[A] erzeugt. Ist lediglich die Gleiskante *Süd* aktiv, so wird die Ansage von einem Reisenden an der Gleiskante *Süd* mit einem mittleren STI-Wert von 0,65 gut verstanden und von einem Reisenden an der Gleiskante *Nord* mit einem mittleren STI-Wert von 0,47 viel schlechter aber dennoch angemessen verstanden. Der Unterschied von Gleiskante *Süd* zu Gleiskante *Nord* von 0,18 STI ist hör- und messbar.

Die Lautsprecher der **Variante 1b** der Gleiskante *Süd* erzeugen einen mittleren Gesamtschalldruck von 89dB[A] an der eigenen Gleiskante. Durch Übersprechen wird an der benachbarten Gleiskante *Nord* von den Lautsprechern an Gleiskante *Süd* ein mittlerer Gesamtschalldruck von 84dB[A] erzeugt. Ist lediglich die Gleiskante *Süd* aktiv, so wird die Ansage von einem Reisenden an der Gleiskante *Süd* mit einem mittleren STI-Wert von 0,62 gut verstanden und von einem Reisenden an der Gleiskante *Nord* mit einem mittleren STI-Wert von 0,47 viel schlechter aber dennoch angemessen verstanden. Der Unterschied von Gleiskante *Süd* zu Gleiskante *Nord* von 0,15 STI ist hör- und messbar.

Die Lautsprecher der **Variante 2** der Gleiskante *Süd* erzeugen einen mittleren Gesamtschalldruck von 89dB[A] an der eigenen Gleiskante. Durch Übersprechen wird an der benachbarten Gleiskante *Nord* von den Lautsprechern an Gleiskante *Süd* ein mittlerer Gesamtschalldruck von 84dB[A] erzeugt. Ist lediglich die Gleiskante *Süd* aktiv, so wird die Ansage von einem Reisenden an der Gleiskante *Süd* mit einem mittleren STI-Wert von 0,55 gut verstanden und von einem Reisenden an der Gleiskante *Nord* mit einem mittleren STI-Wert von 0,45 viel schlechter aber dennoch angemessen verstanden. Der Unterschied von Gleiskante *Süd* zu Gleiskante *Nord* von 0,10 STI ist hör- und messbar.

Fall 2 – Lautsprecher Gleiskante *Süd* und Gleiskante *Nord* aktiv

Werden an beiden Gleiskanten des Mittelbahnsteigs mit den Lautsprechern der **Variante 1a** zwei Ansagen gleichzeitig ausgespielt, so wird von einem Reisenden an Gleiskante *Süd* seine Ansage mit 0,53 STI gut verstanden und die unerwünschte Ansage von Gleiskante *Nord* mit 0,17 STI unverständlich sein. Das heißt die eigene Ansage an der Gleiskante wird der Reisende um 0,36 STI besser verstehen als die unerwünschte Ansage der benachbarten Gleiskante am selben Mittelbahnsteig. Neben dem deutlichen Sprachverständlichkeitsunterschieds wird die eigene Ansage die unerwünschte Ansage der Nachbargleiskante um 6dB Schalldruck übertreffen.

Werden an beiden Gleiskanten des Mittelbahnsteigs mit den Lautsprechern der **Variante 1b** zwei Ansagen gleichzeitig ausgespielt, so wird von einem Reisenden an Gleiskante *Süd* seine Ansage mit 0,51 STI gut verstanden und die unerwünschte Ansage von Gleiskante *Nord* mit 0,21 STI unverständlich sein. Das heißt die eigene Ansage an der Gleiskante wird der Reisende um 0,3 STI besser verstehen als die unerwünschte Ansage der benachbarten Gleiskante am selben Mittelbahnsteig. Neben dem deutlichen Sprachverständlichkeitsunterschieds wird die eigene Ansage die unerwünschte Ansage der Nachbargleiskante um 5dB Schalldruck übertreffen.

Werden an beiden Gleiskanten des Mittelbahnsteigs mit den Lautsprechern der **Variante 2** zwei Ansagen gleichzeitig ausgespielt, so wird von einem Reisenden an Gleiskante *Süd* seine Ansage mit 0,43 STI schlecht verstanden und die unerwünschte Ansage von Gleiskante *Nord* mit 0,21 STI unverständlich sein. Das heißt die eigene Ansage an der Gleiskante wird der Reisende um 0,22 STI besser verstehen als die unerwünschte Ansage der benachbarten Gleiskante am selben Mittelbahnsteig. Neben dem deutlichen Sprachverständlichkeitsunterschieds wird die eigene Ansage die unerwünschte Ansage der Nachbargleiskante um 5dB Schalldruck übertreffen. Eine Sprachverständlichkeit von 0,43 STI-Wert wird auf der

Skala als schlecht angegeben, deswegen ist die gleichzeitige Beschallung der Gleiskanten mit der Variante 2 nicht gelungen.

Sowohl Variante 1a als auch die Variante 1b ermöglichen die gleisselektive und gleichzeitige Beschallung des Mittelbahnsteigs. Variante 1a erreicht eine bessere Sprachverständlichkeit im Fall 1 und im Fall 2 als die Variante 1b. Die mittlere Sprachverständlichkeit erzielt mit der Variante 1a ist über eine Zuhörerfläche ermittelt worden, die sich nur im Bereich der Multifunktionsboxen erstreckt, weil dort die erzielte Sprachverständlichkeit am besten ist. In den ca. 14m langen Bereichen am Anfang und am Ende des Mittelbahnsteigs sind die Ansagen mit ca. 0,35 STI sehr schlecht verständlich und deswegen nicht in der Berechnung der Variante 1a betrachtet worden.
Der Vorteil der Variante 1a vor der Variante 1b ist die fehlenden Lautsprecher an den Seitenwänden der Treppenaufgänge, die aufwändig zu montieren sind.

Ergebnis 2 – Ausstattungsniveau II

Die Forderungen von Ausstattungsniveau II an eine Beschallung zur Information von Reisenden sind mit einer Sprachverständlichkeit von mindestens 0,45 RaSTI (Erläuterungen unter Punk 2) sowie einem Gesamtschalldruck von mindestens 10dB über gängigem Hintergrundgeräusch bei einem Einsprechsignal von 125Hz bis mindestens 8kHz von alle Varianten erfüllt (Fall 1). Die Variante 2 erfüllt die Anforderung an der Sprachverständlichkeit nur bei gleisselektiver Beschallung (Fall1) aber nicht bei gleichzeitiger, gleisselektiver Beschallung (Fall 2).

2 Zusammenfassung Aufgabenstellung

Es ist eine technische Lösung zu erarbeiten, die die gleisselektive, gleichzeitige Beschallung des Mittelbahnsteigs der Station Güterplatz in Frankfurt am Main ermöglicht und dabei die Anforderungen für die Beschallung zur Information der Reisenden erfüllt. Sie ist in Anlehnung an den Vorschriften der Ausstattungsniveau 2 der Deutsche Bahn ausgeführt.
Die eingesetzten Lautsprecher dienen lediglich zur Information der Reisenden. Anforderungen einer Sprachalarmierungsanlage müssen nicht erfüllt werden.

Forderungen nach Ausstattungsniveau II:

- Schalldruckpegel (SPL) - Der berechnete Gesamtschalldruckpegel (Ansagelautstärke) am Bahnsteig soll mindestens 10dB höher sein als der Umgebungslärm am Bahnsteig (Nutz- / Störpegelabstand ≥10dB). Als bahntypischer Umgebungslärm wurde in der Bahnsteigebene 70dB[A] angenommen.

- Sprachverständlichkeit (STI) – Es ist ein minimaler RASTI-Wert von 0,45 zu gewährleisten. RASTI ist ein vereinfachtes Verfahren zur Bestimmung der Sprachverständlichkeit. Eine Voraussetzung für die Anwendung des RASTI–Verfahrens ist nach DIN EN 60268-16 die gleichförmige Verteilung des Über-Alles-Frequenzgangs des Systems zwischen den Oktavbändern mit den Mittenfrequenzen 125Hz und 8kHz, d. h. der Unterschied im Schalldruckpegel

zwischen zwei benachbarten Oktavbändern sollte 5dB nicht übersteigen. Im folgenden Bericht wird das STI-Verfahren angewendet, das die reale Frequenzverteilung zwischen den Oktavbändern berücksichtigt. Um die geforderte Sprachverständlichkeit zu erreichen haben Messungen in anderen DB S&S AG Projekten gezeigt, dass das Einsprechsignal zu Reisenden Information eine Mindestbandbreite von 125Hz bis 8kHz besitzen muss. Die IEC 60268-16 zur Klassifizierung der verschiedenen Messmethoden der Sprachverständlichkeit ist einzuhalten. Unabhängig ob nach RaSTI oder STI gemessen wird (z.B. wird nach RaSTI gemessen, muss das Anregungssignal eine Mindestbandbreite von 125Hz bis 8kHz haben).

3 Nachhallzeit – Bahnsteigebene

Die Nachhallzeit T30 wird als akustische Beurteilungsgröße herangezogen. Die nachfolgende Abbildung stellt den Verlauf der über die Bahnsteigebene gemittelten Nachhallzeit über der Frequenz dar. In den Verteilerebenen Ost und West sind die Decken raumakustisch absorbierend gestaltet, so wie im Bericht zur elektroakustischen Untersuchung und Berechnung nach DIN VDE 0833-4 der Station Güterplatz in Frankfurt am Main bereits beschrieben wurde.

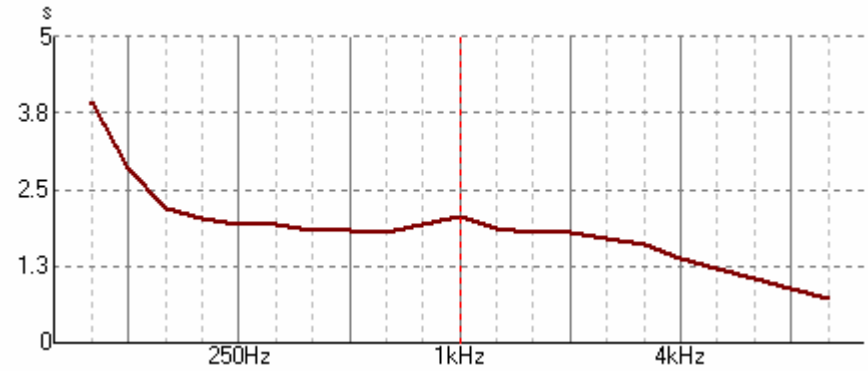


Abbildung 1: Nachhallzeit T30 über der Frequenz mit raumakustisch absorbierender Decke

Die gemittelte Nachhallzeit T30 über STI relevante Oktavbänder von 125Hz bis 8kHz beläuft sich auf ca. 1,75 Sekunden.

4 Technische Lösung zur Informierung von Reisenden/ Gleisselektivität

Es wurden folgende zwei verschiedene Lautsprecheranordnungen zur gleisselektiven und gleichzeitigen Beschallung des Mittelbahnsteigs der Station Güterplatz untersucht:

- Variante 1 – passive Lautsprecherzeilen TS-C 20-500/T-EN54 in den Multifunktionsboxen
- Variante 2 – passive horizontale Lautsprecherzeilen Intellivox ADC-H90 – Raster 13,5m

Es werden zwei Modifikationen der Variante 1 untersucht. Sie werden als Variante 1a und Variante 1b bezeichnet. Die Variante 1a setzt 20 Stück der 20W Lautsprecherzeilen TS-C 20-500/T-EN54 von IC Audio nur in den Ecken der fünf

Multifunktionsboxen ein, solange Variante 1b zusätzlich zu den Lautsprecherzeilen in den Multifunktionsboxen, vier Lautsprecherzeilen an den Wänden der Treppenaufgänge Ost und West einsetzt.

Varianten 2 unterscheidet sich von der Variante 1 nicht nur anhand des eingesetzten Lautsprechertyps sondern auch anhand des gewählten Rasters und Lautsprechermontage. Sie setzt die horizontalen passiven Lautsprecherzeilen Intellivox H90 in einem Raster von 13,5m ein. Sie werden an der Decke über die beiden Gleiskanten montiert und strahlen senkrecht zur Bahnsteigoberfläche. Die Intellivox H90 Zeilen weisen einen sehr kleinen horizontalen Abstrahlungswinkel und einen breiten vertikalen Abstrahlungswinkel. Dadurch gelingt der Schalldruck stark gebündelt an die Zuhörerfläche der eigenen Gleiskante und gedämpft an die benachbarte Gleiskante.

5 Variante 1 – passive Lautsprecherzeilen in den Multifunktionsboxen

5.1 Lautsprecheranordnung

In der Bahnsteigebene werden neben den Lautsprechern der SAA auch Lautsprecher montiert, die zur Information der Reisenden dienen. Die **Variante 1a** besteht aus insgesamt 20 passiven Lautsprecherzeilen. Die Hälfte davon sind zu der einen Gleiskante gewandt und die anderen Hälfte zu der gegenüber liegenden Gleiskante ausgerichtet. Sie sind in den Ecken der 5 Multifunktionsboxen auf einer Höhe von 2,5m, gemessen von der Bahnsteigoberfläche bis zur Lautsprecherunterkante montiert. Frontseitig werden die Lautsprecher mit einem Gitter beidseitig abgedeckt. Die Lautsprecher sind von der Mittelachse zur Gleiskante um 55° gedreht und um 20° zur Bahnsteigoberfläche geneigt. Die ersten zwei und die letzten zwei Lautsprecher am Bahnsteig sind unterschiedlich als alle anderen ausgerichtet. Die Anordnung der Lautsprecher der Variante 1a ist in folgender Abbildung dargestellt.

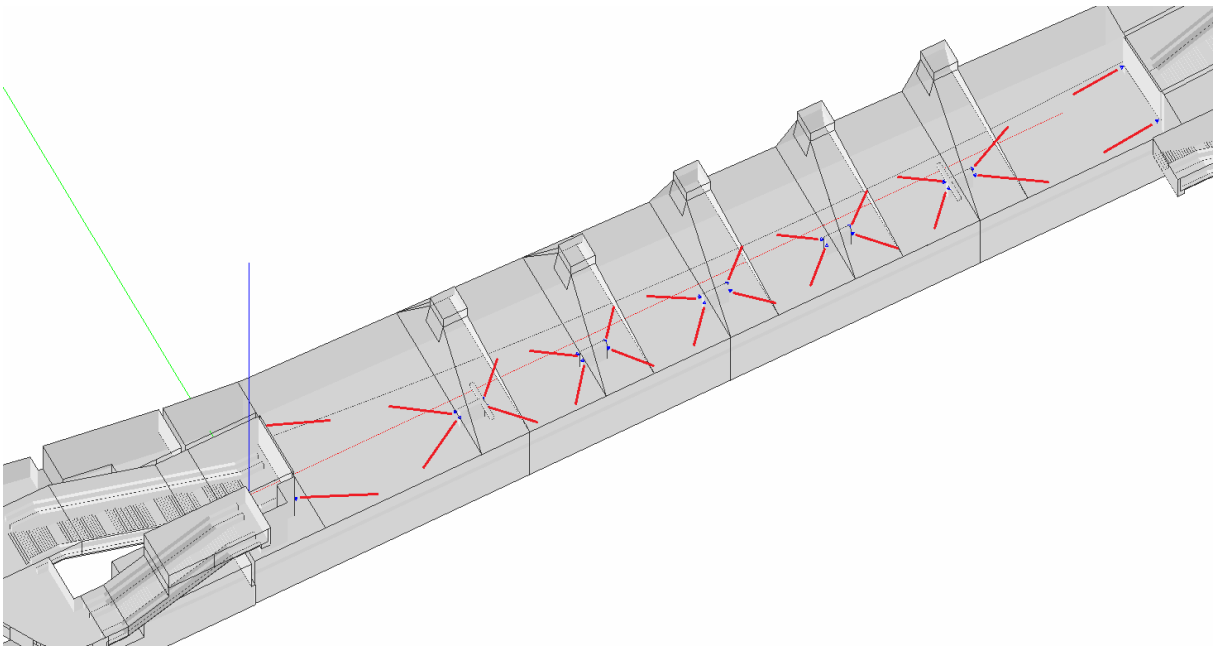


Abbildung 2: Anordnung der Lautsprecherzeilen der Variante 1b im 3D Modell der Station Güerplatz

Abbildung 3 zeigt die Lautsprecher in der Multifunktionsbox, die beispielsweise an einem Mast innerhalb der Multifunktionsbox montiert sind. Laut dem DWG-Plan der Multifunktionsboxen vom 10.10.2015 haben die Multifunktionsboxen die Maße 0,5x3,0x2,7m (TxLxH). Die Lautsprecher zur Reisendeninformation sind nach Absprache mit dem Architekten Herr Buchmeier auf einer Höhe von 2,5m (Abstand zwischen der Lautsprecherunterkante zum Fertigfußboden) zu montieren. Da die Lautsprecherzeilen der SAA ebenso auf dieser Höhe zu montieren sind ist die Tiefe der Multifunktionsbox von 0,5m nicht ausreichend um alle drei Lautsprecher nebeneinander zu montieren. Es wird eine Tiefe von mindestens 0,8m benötigt. Deswegen wird in den nachfolgenden Berechnungen die Tiefe der Multifunktionsbox mit 0,8m angenommen.
Um die Schallausbreitung nicht einzuschränken müssen die Gitter einen Öffnungsgrad von 75% aufweisen. Die Gitterstärke darf einen bestimmten Wert nicht übersteigen, damit der Schall daran nicht reflektiert wird. Wie in der Abbildung 7 dargestellt ist, erstreckt sich das Abdeckgitter über zwei der Multifunktionsbox-Wände. Sie soll aus einem Stück gefertigt sein, so dass durch das biegen des Gitters eine abgerundete Ecke entsteht. Da die Lautsprecherzeilen in der Multifunktionsbox gedreht und geneigt zu montieren sind, muss das Gitter eine größere Fläche abdecken als nur die Lautsprecherfront. Die Maße es Gitters sind in Abbildung 7 eingetragen. Das Gitter soll auf jede Seite der Multifunktionsbox mindestens 0,20m Breit und 0,80m Hoch sein. Es ist darauf zu Achten, dass die Zuganzeiger höher als das obere Ende der Abdeckgitter platziert sind.

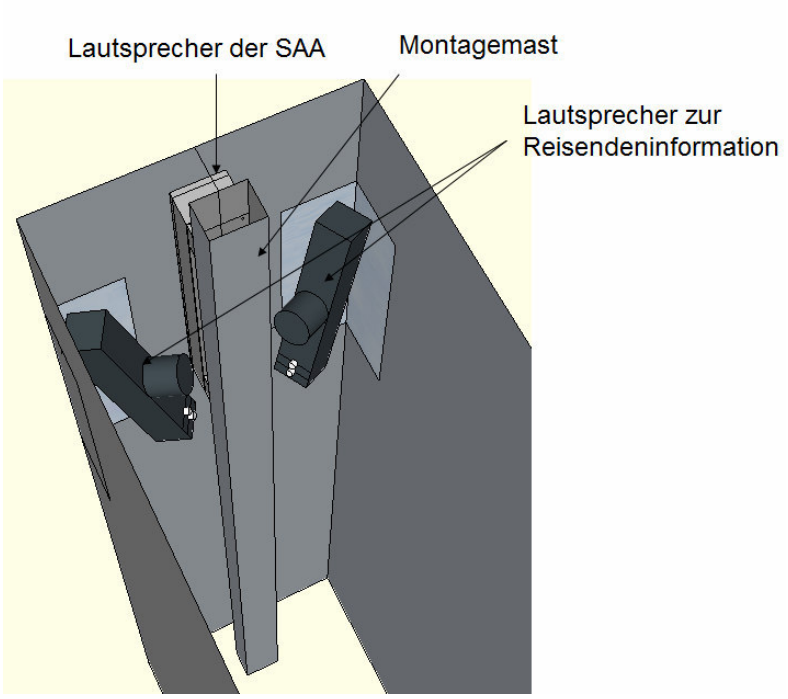


Abbildung 3: Lautsprecherzeilen im 3D Modell der Multifunktionsbox

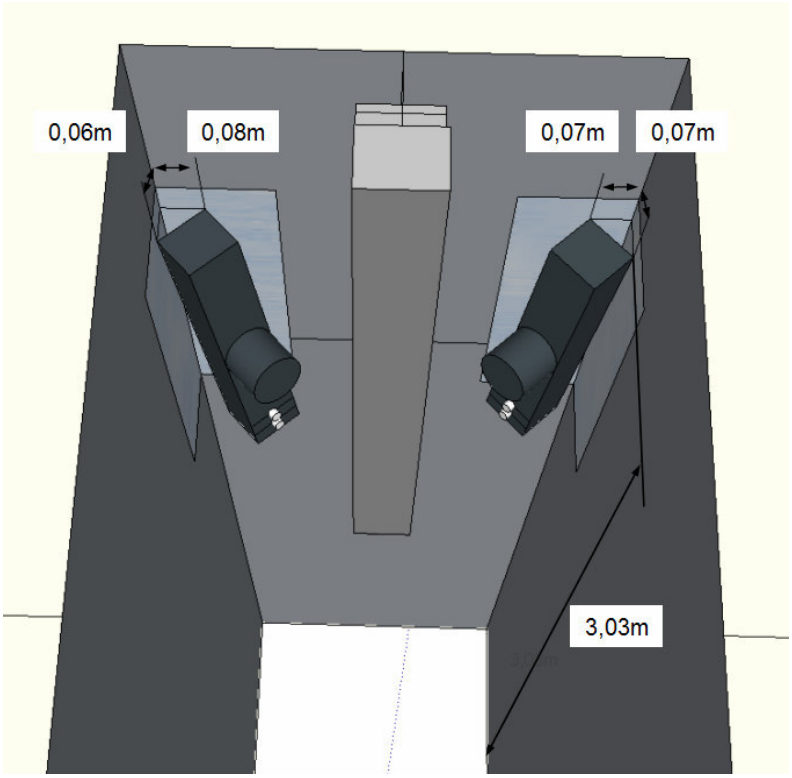


Abbildung 4: Ausrichtung der Lautsprecherzeilen An 1-Gl Süd -LS1 und An 1-Gl Nord -LS1 in der Multifunktionsbox

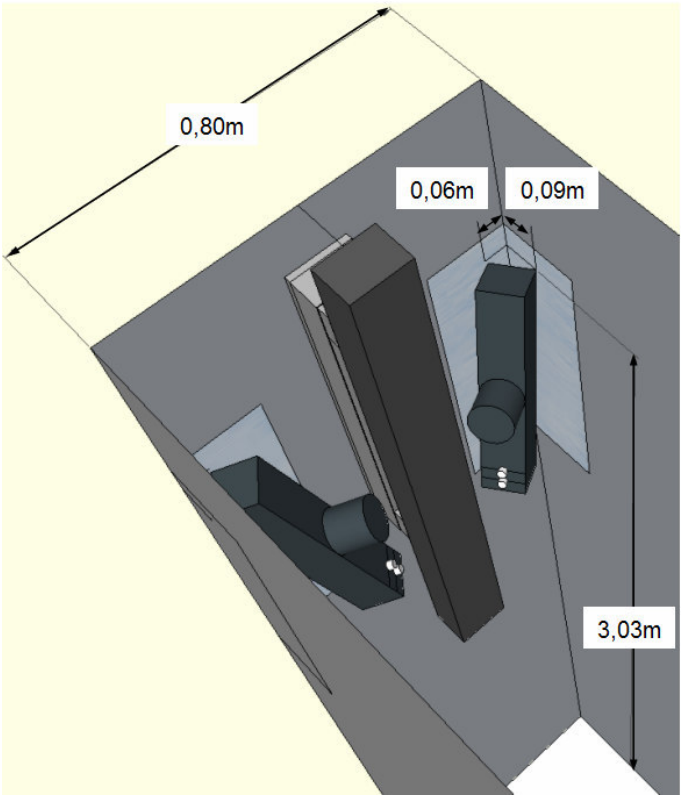


Abbildung 5: Ausrichtung der Lautsprecherzeilen An 1-Gl Süd –LS2 bis 9 und An 1-Gl Nord –LS2 bis 9 in der Multifunktionsbox

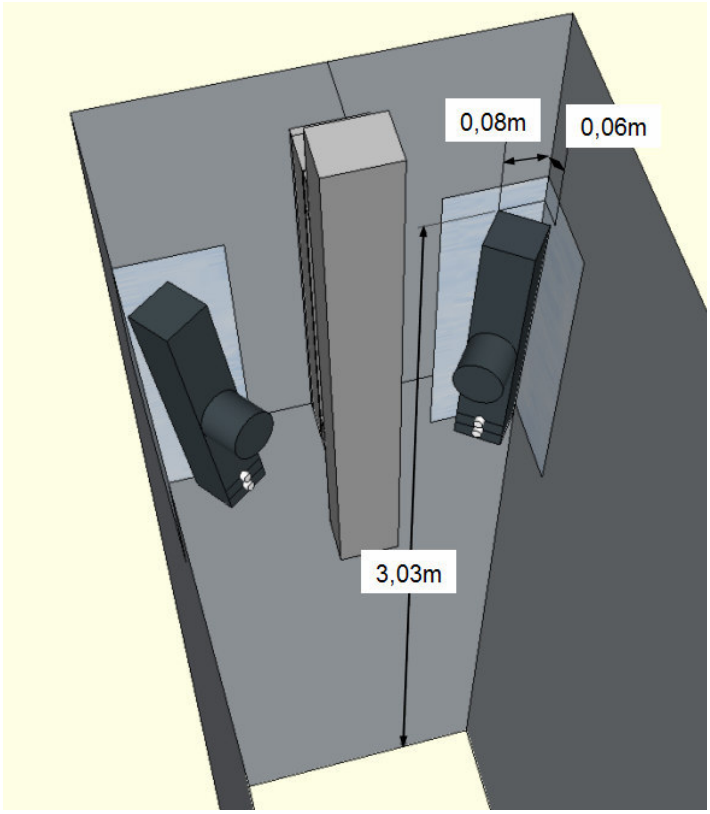


Abbildung 6: Ausrichtung der Lautsprecherzeilen An 1-Gl Süd -LS10 und An 1-Gl Nord -LS10 in der Multifunktionsbox

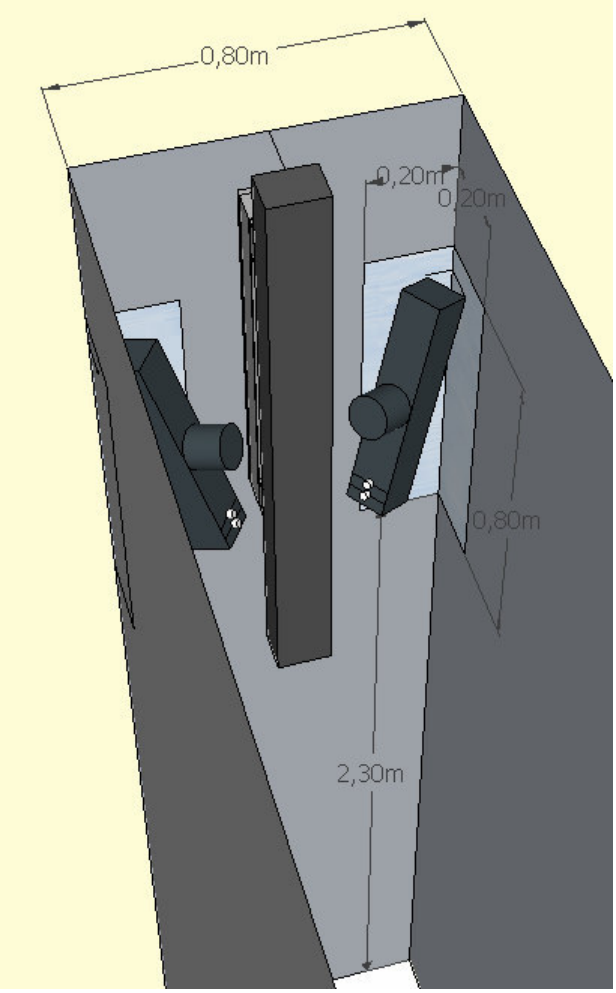


Abbildung 7: Maße der Abdeckgitter

Variante 1b setzt zusätzlich zu den Lautsprecherzeilen in den Multifunktionsboxen noch 4 Lautsprecherzeilen an den Wänden der Treppenaufgänge ein. Sie sind an die Innenseite der Seitenwände zu montieren. Die Oberkante der Lautsprecher ist auf der Höhe der Unterkante der Rauchschürze, die bei 2,5m liegt. In der Abbildung 8 ist beispielhaft die Montage des Lautsprechers An 1-GI Süd-LS11 dargestellt.

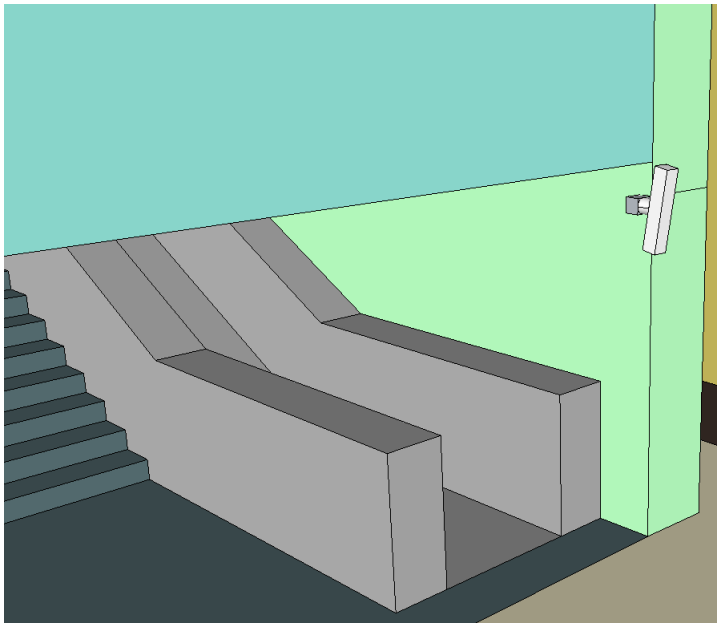


Abbildung 8: Montage der Lautsprecherzeilen an den Treppenaufgängen

5.2 Eingesetzter Lautsprecher

Zur Berechnung der Sprachalarmierungsanlage wird hier der Datensatz der passiven Lautsprecherzeile TS-C20-500/T-EN54 von Ic Audio mit EN54-24 Zertifizierung. Generell sind alle passiven Lautsprecherzeilen mit vergleichbaren akustischen Daten einsetzbar. Eine EN54-24 Zertifizierung ist nicht notwendig, da die Beschallungsanlage nicht zur Sprachalarmierung dienen soll. Somit können auch die nicht zertifizierten TS-C 20-500/T eingesetzt werden.

Die Lautsprecherzeile besitzt einen breiten horizontalen Abstrahlungswinkel von über 188° bei 1kHz und von 86° bei 4kHz. Der vertikale Abstrahlungswinkel wird mit steigender Frequenz kleiner bei 1kHz beträgt er 65° und bei 4kHz nur noch 14°. In Abbildung 9 ist die Abstrahlcharakteristik der TS-C20-500/T-EN54 Lautsprecher bei 1kHz dargestellt.

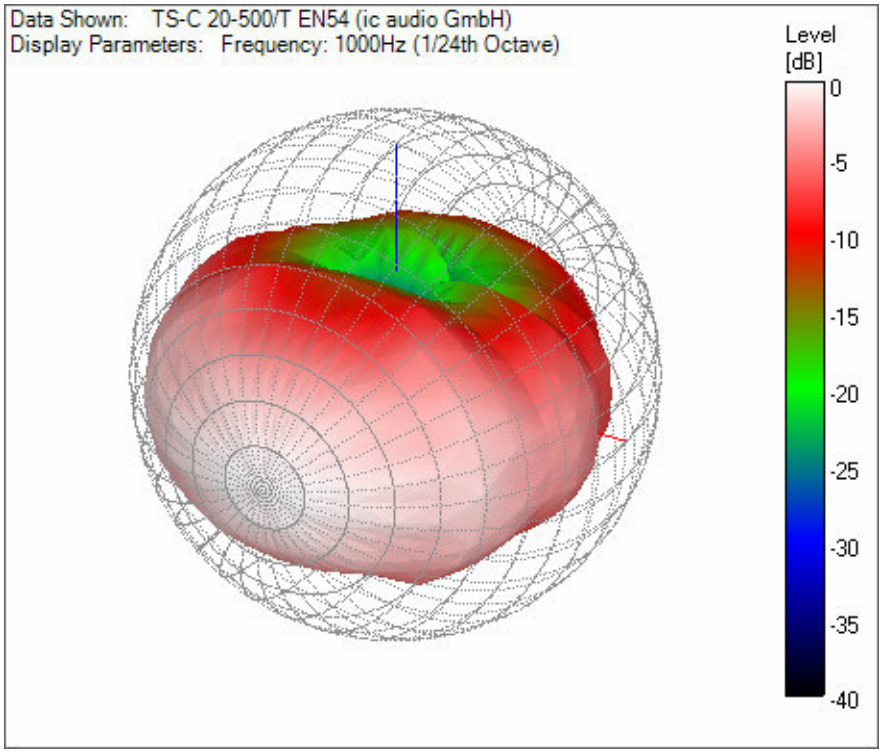


Abbildung 9: Abstrahlcharakteristik TS-C20-500/T-EN54, Balloon Oktave-Band 1 kHz

5.3 Installationskoordinaten und Einstellungsparameter der Lautsprecher

Zur Einordnung der Lautsprecher auf der Bahnsteigebene zeigt nachfolgende Abbildung das gewählte Koordinatensystem.

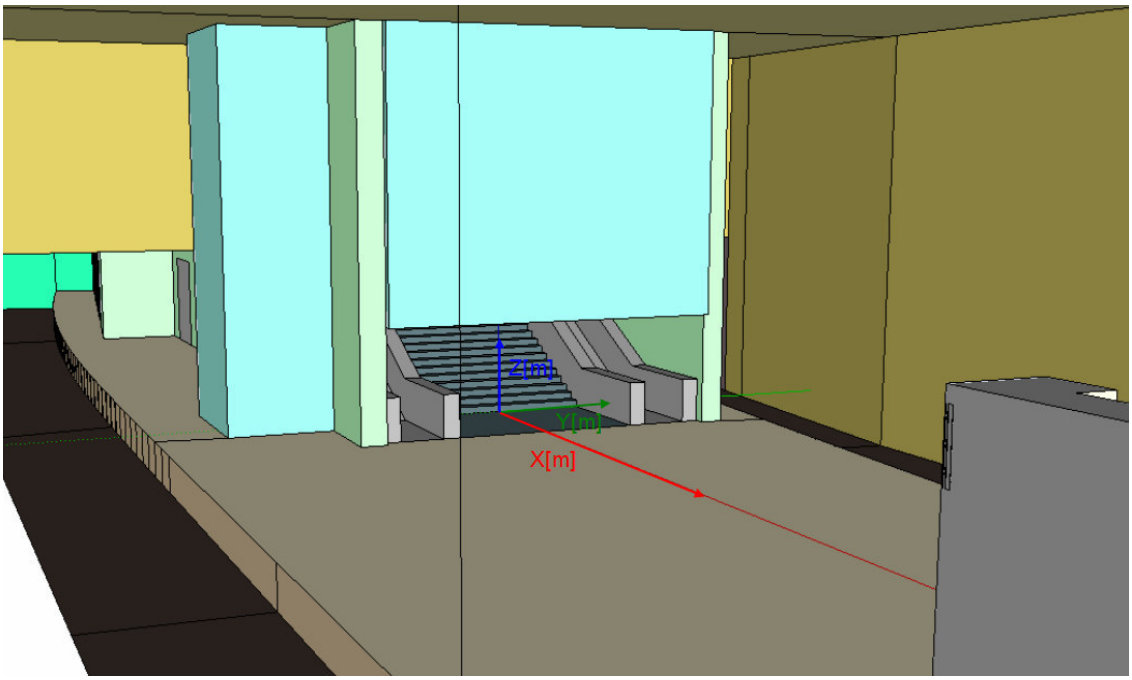


Abbildung 10: Koordinatensystem im 3D Modell der Station Güterplatz

Der Koordinatenursprung liegt in der Mitte des Treppenaufgangs zum Verteilerebene West auf Höhe des Fertigfußbodens.

Zur Einordnung der Lautsprecher am Bahnsteig sind die Koordinaten der Ecken der Multifunktionsboxen angegeben, wo sie eingebaut werden. Die genaue Ausrichtung der Lautsprecher in den Multifunktionsboxen ist aus Abbildung 4, Abbildung 5 und Abbildung 6 zu entnehmen. Die Lautsprecher sind sehr genau vor den Gitterabdeckungen auszurichten. Der Abstand zwischen den Fertigfußboden zu der höchsten Kante der Lautsprecher soll 3,03m betragen. Augrund des Neigungswinkels ändert sich leicht die Lautsprecherlänge (Abstand zwischen der höchsten und der tiefsten Lautsprecherkante), so dass die Unterkante bei ca. 2,5m liegt.

LS Nummer	X[m]	Y[m]	Z[m]	α [°]	β [°]
An 1-Gl Süd-LS1	24,17	-3,57	2,23	-140	-15
An 1-Gl Süd-LS2	27,17	-3,57	2,50	-55	-20
An 1-Gl Süd-LS3	39,17	-3,57	2,50	-125	-20
An 1-Gl Süd-LS4	42,17	-3,57	2,50	-55	-20
An 1-Gl Süd-LS5	54,17	-3,57	2,50	-125	-20
An 1-Gl Süd-LS6	57,17	-3,57	2,50	-55	-20
An 1-Gl Süd-LS7	69,15	-3,57	2,50	-125	-20
An 1-Gl Süd-LS8	72,15	-3,57	2,50	-55	-20
An 1-Gl Süd-LS9	84,15	-3,57	2,50	-125	-20
An 1-Gl Süd-LS10	87,15	-3,57	2,23	-35	-10

Tabelle 1: Variante 1a - Installationskoordinaten passiven Lautsprecherzeilen am Gleis Süd

LS Nummer	X[m]	Y[m]	Z[m]	α [°]	β [°]
An 1-Gl Nord-LS1	24,17	-2,77	2,23	135	-10
An 1-Gl Nord -LS2	27,17	-2,77	2,50	55	-20
An 1-Gl Nord -LS3	39,17	-2,77	2,50	125	-20
An 1-Gl Nord -LS4	42,17	-2,77	2,50	55	-20
An 1-Gl Nord -LS5	54,17	-2,77	2,50	125	-20
An 1-Gl Nord -LS6	57,17	-2,77	2,50	55	-20
An 1-Gl Nord -LS7	69,15	-2,77	2,50	125	-20
An 1-Gl Nord -LS8	72,15	-2,77	2,50	55	-20
An 1-Gl Nord -LS9	84,15	-2,77	2,50	125	-20
An 1-Gl Nord -LS10	87,15	-2,77	2,23	35	-10

Tabelle 2: Variante 1a - Installationskoordinaten passiven Lautsprecherzeilen am Gleis Nord

LS Nummer	X[m]	Y[m]	Z[m]	α [°]	β [°]
An 1-Gl Süd-LS0	3,40	-3,85	2,23	-25	-10
An 1-Gl Süd-LS1	24,17	-3,57	2,50	-140	-15
An 1-Gl Süd-LS2	27,17	-3,57	2,50	-55	-20
An 1-Gl Süd-LS3	39,17	-3,57	2,50	-125	-20
An 1-Gl Süd-LS4	42,17	-3,57	2,50	-55	-20
An 1-Gl Süd-LS5	54,17	-3,57	2,50	-125	-20
An 1-Gl Süd-LS6	57,17	-3,57	2,50	-55	-20
An 1-Gl Süd-LS7	69,15	-3,57	2,50	-125	-20
An 1-Gl Süd-LS8	72,15	-3,57	2,50	-55	-20
An 1-Gl Süd-LS9	84,15	-3,57	2,50	-125	-20
An 1-Gl Süd-LS10	87,15	-3,57	2,50	-35	-10
An 1-Gl Süd-LS11	108,52	-6,65	2,23	180	-10

Tabelle 3: Variante 1b - Installationskoordinaten passiven Lautsprecherzeilen am Gleis Süd

LS Nummer	X[m]	Y[m]	Z[m]	α [°]	β [°]
An 1-Gl Nord-LS0	3,40	3,85	2,23	-15	-10
An 1-Gl Nord-LS1	24,17	-2,77	2,50	135	-10
An 1-Gl Nord -LS2	27,17	-2,77	2,50	55	-20
An 1-Gl Nord -LS3	39,17	-2,77	2,50	125	-20
An 1-Gl Nord -LS4	42,17	-2,77	2,50	55	-20
An 1-Gl Nord -LS5	54,17	-2,77	2,50	125	-20
An 1-Gl Nord -LS6	57,17	-2,77	2,50	55	-20
An 1-Gl Nord -LS7	69,15	-2,77	2,50	125	-20
An 1-Gl Nord -LS8	72,15	-2,77	2,50	55	-20
An 1-Gl Nord -LS9	84,15	-2,77	2,50	125	-20
An 1-Gl Nord -LS10	87,15	-2,77	2,50	35	-10
An 1-Gl Nord -LS11	108,17	1,05	2,23	180	-10

Tabelle 4: Variante 1b - Installationskoordinaten passiven Lautsprecherzeilen am Gleis Nord

Die Dreh- und Neigungswinkel der Lautsprecher sind aus den obigen Tabellen zu entnehmen. Zur Verdeutlichung der Drehwinkel dient die nachfolgende Abbildung.

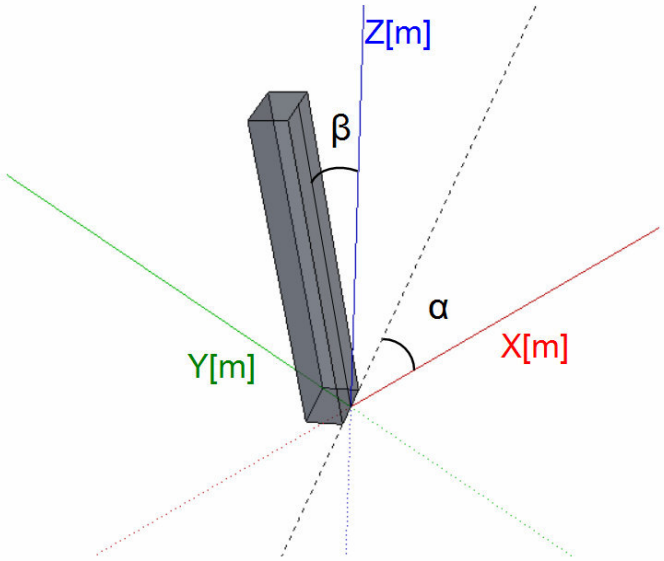


Abbildung 11: Lautsprecherausrichtung: Neigungs- und Drehwinkel

Um die Lautstärke flexibel anpassen zu können ohne den Leistungsabgriff am Lautsprecher nachträglich ändern zu müssen, werden die TS-C20-500/T-EN54 Zeilen an der maximalen Anzapfung von 20W angeschlossen. Die Lautstärke der Lautsprecher ist nach der Installation so einzustellen, dass der im Abschnitt 5.4.1.2 berechnete Gesamtschalldruck von 89dB[A] bei einem Signal mit 6dB Crestfaktor messbar ist.
Sie werden mit einer Leistungsaufnahme von 4 Watt bei einem Sprachsignal von 12dB Crestfaktor betrieben und besitzen somit keine Reserve.

5.4 Elektroakustische Berechnung – Gleisselektive, gleichzeitige Beschallung

Die nachfolgenden elektroakustischen Berechnungen sind an der Gleiskante Gleis *Süd* durchgeführt worden. Da elektroakustische Simulationsprogramme die Elektroakustik nur mit einem Anregungssignal berechnen können, haben die an beiden Gleiskanten gleichzeitig laufenden Ansagen mit dem gleichen Inhalt.

Um zu zeigen, dass die gewählte Lautsprecheranordnung die Anforderungen einer gleisselektiven und gleichzeitigen Beschallung erfüllt, werden in diesem Abschnitt folgende Beschallungsfälle betrachtet:

- Fall 1: Gleiskante *Süd* ist aktiv und die Gleiskante *Nord* inaktiv
- Fall 2: Gleiskanten *Süd* und *Nord* sind aktiv

Zuhörerflächen

In den nachfolgenden Berechnungen wird zwischen Gleiskante *Süd* und Gleiskante *Nord* des Mittelbahnsteigs unterschieden (siehe Abbildung 12). Die Zuhörerflächen an beiden Gleiskanten sind durch einen 2,00m breiten freien Korridor getrennt. Die Reisenden, die sich dort aufhalten werden gleichzeitige Ansagen an beiden Gleiskanten gleich gut verstehen.
Die mit der Variante 1a erzielten Sprachverständlichkeit und Gesamtschalldruck sind über eine kürzere Zuhörerfläche berechnet als diese erzielt mit der Variante 1b und Variante 2. Die Zuhörerfläche deckt nur den Bereich ab, der mit den Lautsprecherzeilen, die in den Multifunktionsboxen eingebaut sind am besten beschallt wird. Somit fängt die Zuhörerfläche ca. 13m nach dem Treppenaufgang Ost bzw. Treppenaufgang West an.

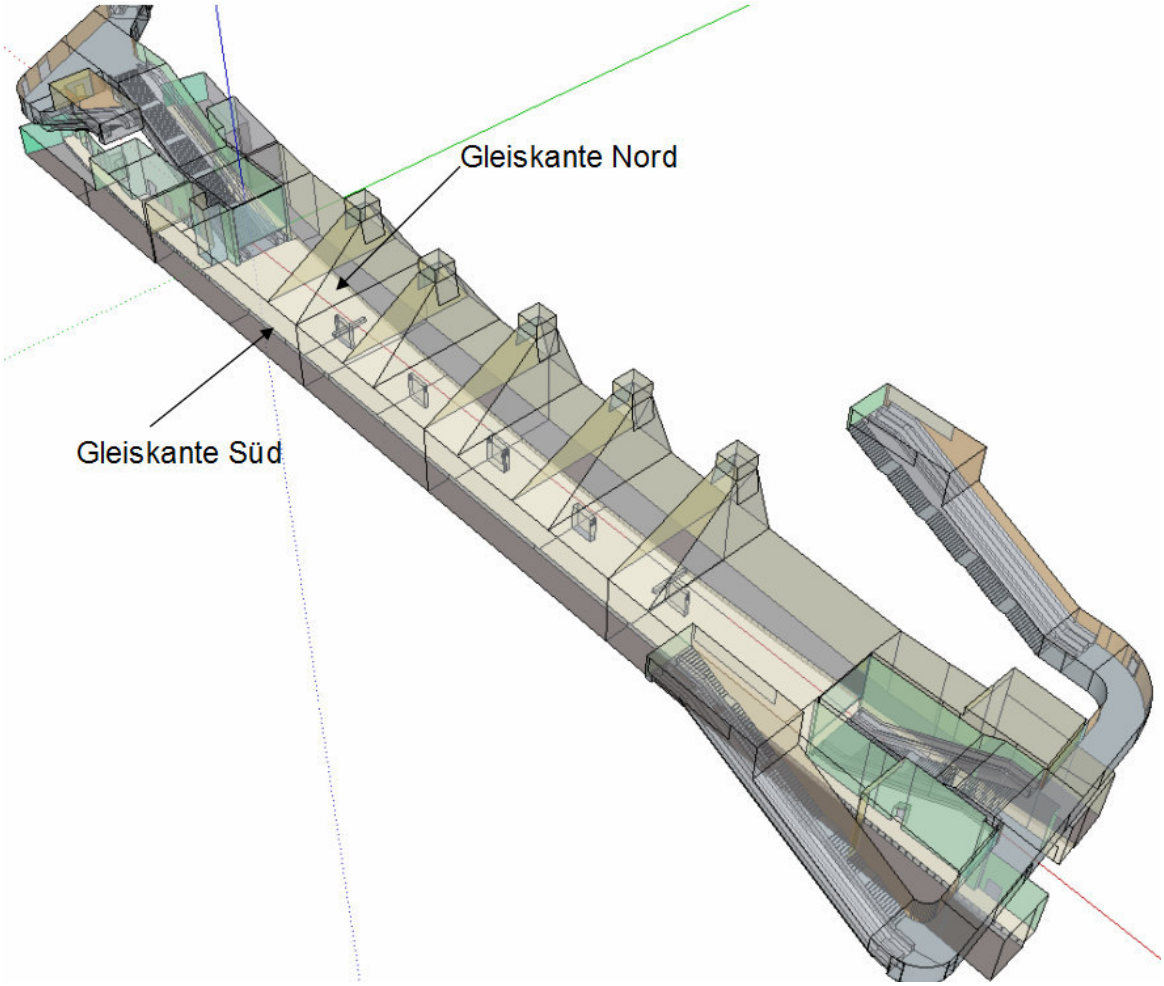


Abbildung 12: Station Güterplatz - Gleiskantenbezeichnung

Die Beweisführung der Machbarkeit kann in folgenden drei Rechenschritten durchgeführt werden:

1) Simulation der Zuhörerfläche Gleiskante *Süd* mit den Lautsprechern der Gleiskante *Süd*. Die Lautsprecher an Gleiskante *Nord* sind stumm. Als Hintergrundgeräusch wird der bahntypische Umgebungslärm von durchschnittlich 70dB[A] verwendet.
2) Die Lautsprecher an Gleiskante *Süd* sind aktiv und diese an Gleiskante *Nord* sind stumm. Simulation der Zuhörerfläche Gleiskante *Nord* mit den Lautsprechern der Gleiskante *Süd*. Mit dieser Berechnung lässt sich das Übersprechen von den aktiven Lautsprechern der Gleiskante *Süd* auf die stumme Gleiskante *Nord* abbilden. So lässt sich aufzeigen, wie viel Schalldruck von der aktiven Gleiskante auf der benachbarten Gleiskante ankommen wird und wie verständlich die Ansage der aktiven Gleiskante auf der benachbarten, inaktiven Gleiskante ist. Als Hintergrundgeräusch wird der bahntypische Umgebungslärm von durchschnittlich 70dB[A] verwendet.
3) Für die Reisenden an Gleiskante *Süd* wirkt die Beschallung der Gleiskante *Nord* als „störendes Hintergrundgeräusch“. Im zweiten Simulationsschritt wurde berechnet, welcher Schalldruck von der einen Gleiskante zur anderen übertragen wird. Der durch das Übersprechen erzeugte Schalldruck zusammen mit dem Umgebungslärm von 70dB[A] werden nun als „neues“ Hintergrundgeräusch der Gleiskante *Süd* verwendet, um den Zustand zweier gleichzeitiger Ansagen an den beiden Gleiskanten zu simulieren. Die Reisenden an Gleiskante *Süd* werden aufgrund des Übersprechens nicht nur die Ansage seiner Gleiskante hören sondern auch die parallele Ansage der benachbarten Gleiskante. Sie wird aber sehr undeutlich sein, da sie durch die Ansage seiner Gleiskante übertönt wird. Um diesen zustand zu simulieren werden das Umgebungslärm von 70dB[A] zusammen mit dem Schalldruck, der im zweiten Simulationsschritt berechnet wurde als „Störgeräusch“ eingesetzt.

Die Sprachverständlichkeit STI wird immer unter Einberechnung des gültigen Hintergrundgeräusches dargestellt. Eine Darstellung der STI Verteilung ohne Hintergrundgeräusch ist unsinnig.

Um die nachfolgend berechnete Sprachverständlichkeitswerte zu erreichen ist ein Einspeisesignal mit einer Bandbreite von 125Hz bis 8kHz notwendig. Eine Eingrenzung der Signalbandbreite würde die Sprachverständlichkeit verschlechtern.

5.4.1 Fall1: Gleiskante Süd aktiv und Gleiskante Nord inaktiv

5.4.1.1 Sprachverständlichkeit Gleiskante Süd

Nachfolgende Berechnung zeigt die zu erwartende Sprachverständlichkeit an Gleiskante *Süd*, wenn die Lautsprecher zur Informierung der Reisenden an der Gleiskante *Süd* aktiv und diese an der Gleiskante *Nord* inaktiv sind.

Hintergrundgeräusch: 70dB[A] bahntypisch (Reisenden, Zugbetrieb)

Variante 1a

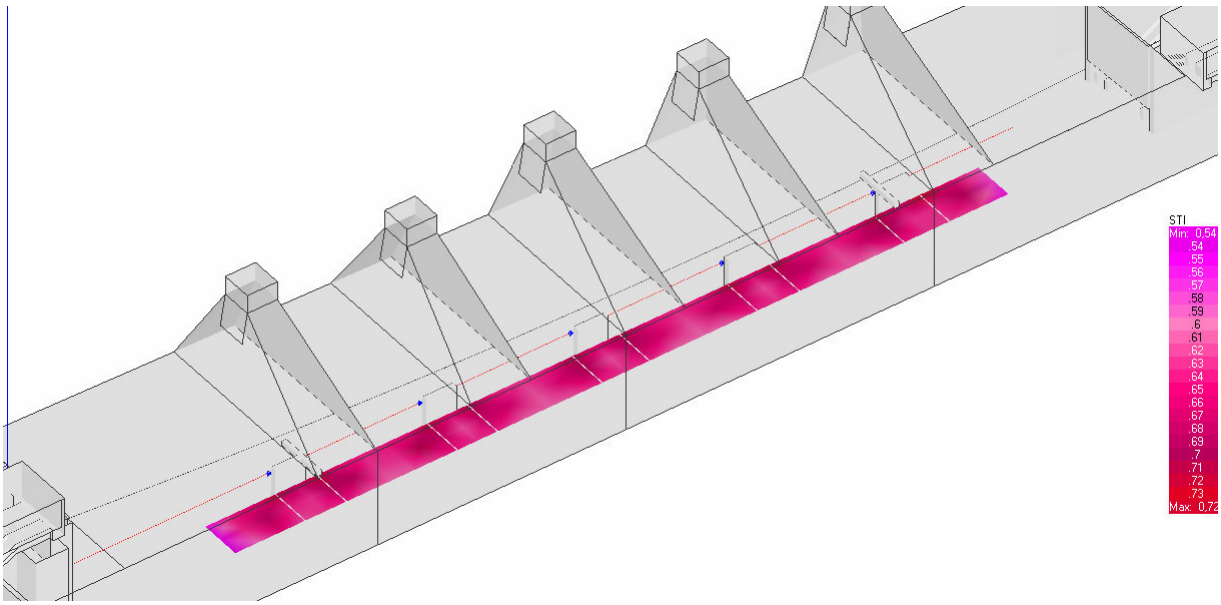


Abbildung 13: Variante 1a - Gleiskante Süd aktiv - 3D STI Verteilung an Gleiskante Süd, 70dB[A] Hintergrund

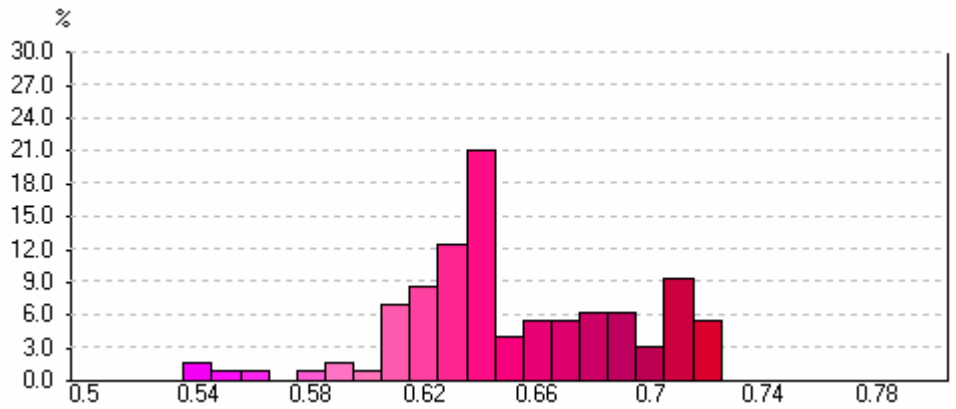


Abbildung 14: Variante 1a - Gleiskante Süd aktiv - STI Histogramm Gleiskante Süd, 70dB[A] Hintergrund

Die aktive Gleiskante *Süd* erzielt an der Zuhörerfläche Gleiskante *Süd* Sprachverständlichkeitswerte von gemittelt 0,65 STI und wird von den Reisenden an Gleiskante *Süd* sehr gut zu verstehen sein.

Variante 1b

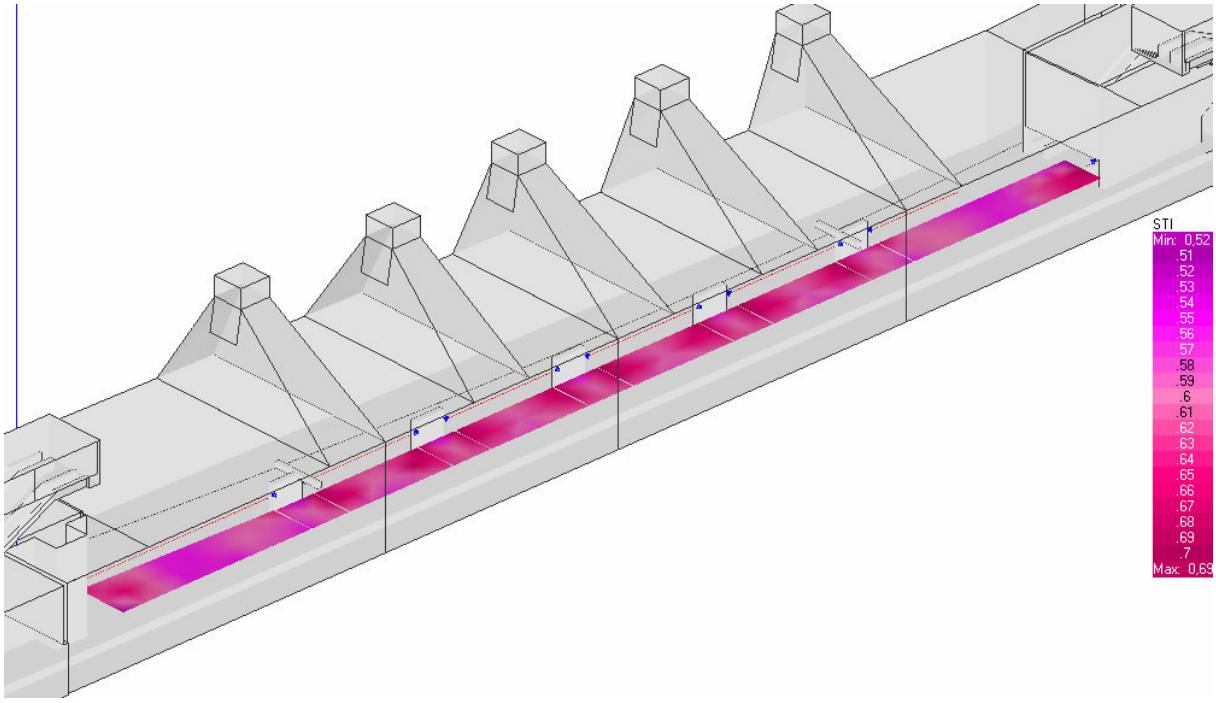


Abbildung 15: Variante 1b - Gleiskante Süd aktiv - 3D STI Verteilung an Gleiskante Süd, 70dB[A] Hintergrund

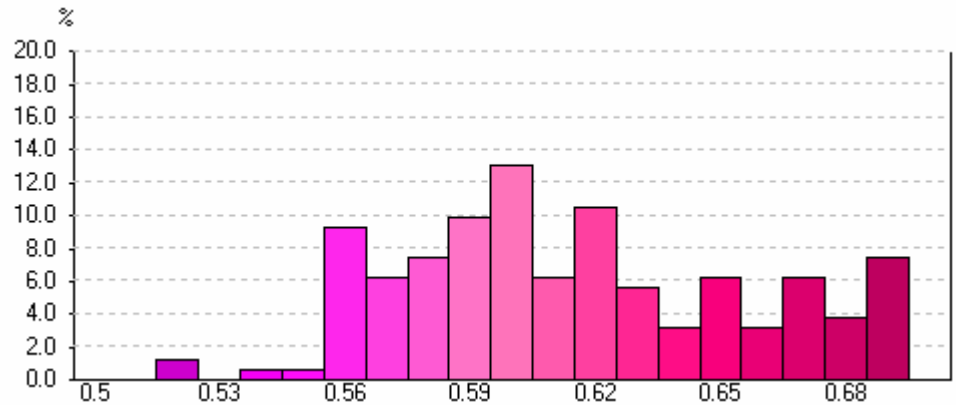


Abbildung 16: Variante 1b - Gleiskante Süd aktiv - STI Histogramm Gleiskante Süd, 70dB[A] Hintergrund

Die aktive Gleiskante *Süd* erzielt an der Zuhörerfläche Gleiskante *Süd* Sprachverständlichkeitswerte von gemittelt 0,62 STI und wird von den Reisenden an Gleiskante *Süd* sehr gut zu verstehen sein.

5.4.1.2 Gesamtschalldruck Gleiskante Süd

Nachfolgende Berechnung zeigt den zu erwartenden Gesamtschalldruck an der Gleiskante *Süd*, wenn die Lautsprecher der Gleiskante *Süd* aktiv und diese der Gleiskante *Nord* inaktiv sind.

Variante 1a

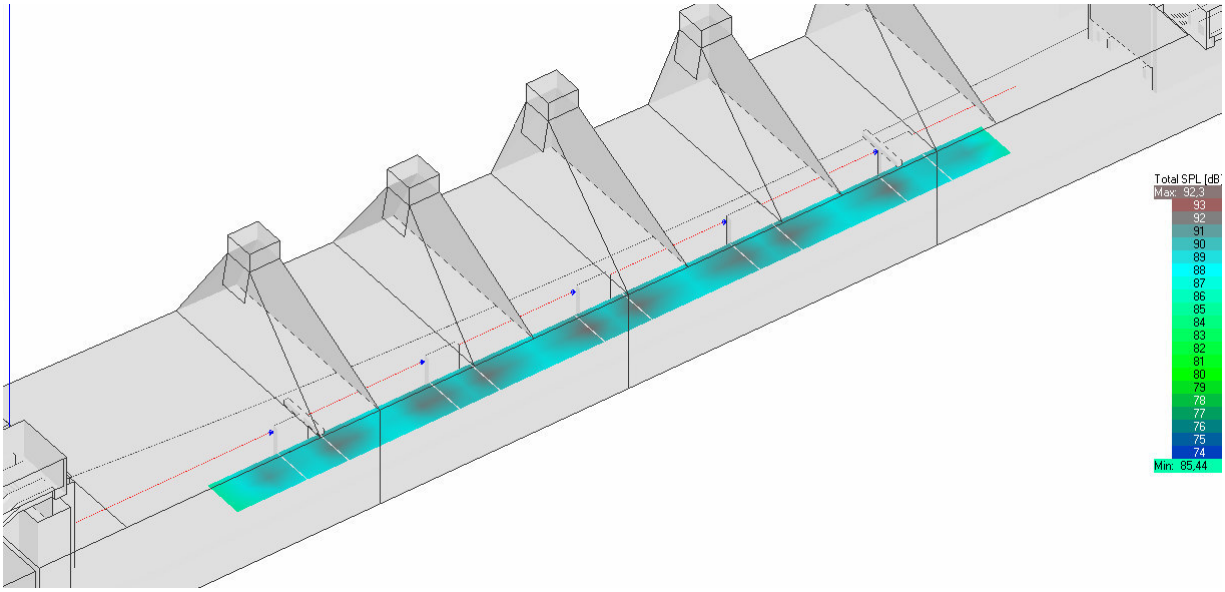


Abbildung 17: Variante 1a - Gleiskante Süd aktiv - TotalSPL 3D Verteilung, Gleiskante Süd

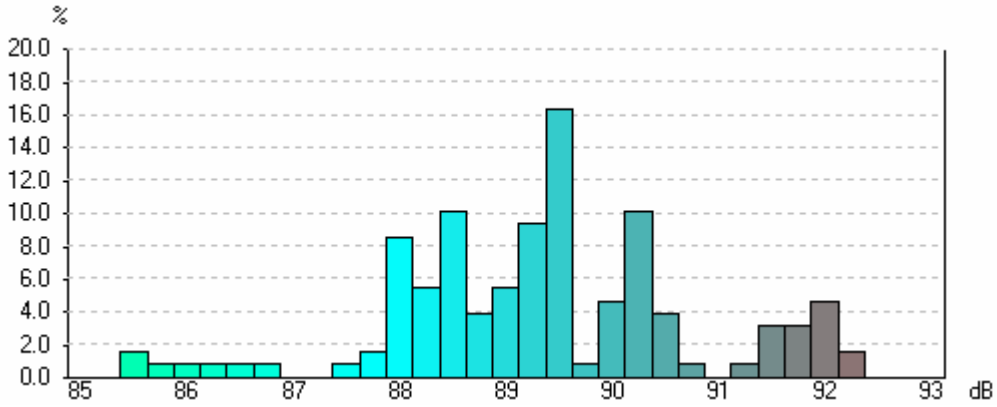


Abbildung 18: Variante 1a - Gleiskante Süd aktiv - TotalSPL Histogramm, Gleiskante Süd

Die aktive Gleiskante *Süd* erzeugt in der Zuhörerfläche Gleiskante *Süd* einen Gesamtschalldruck von gemittelt 89dB[A].

Variante 1b

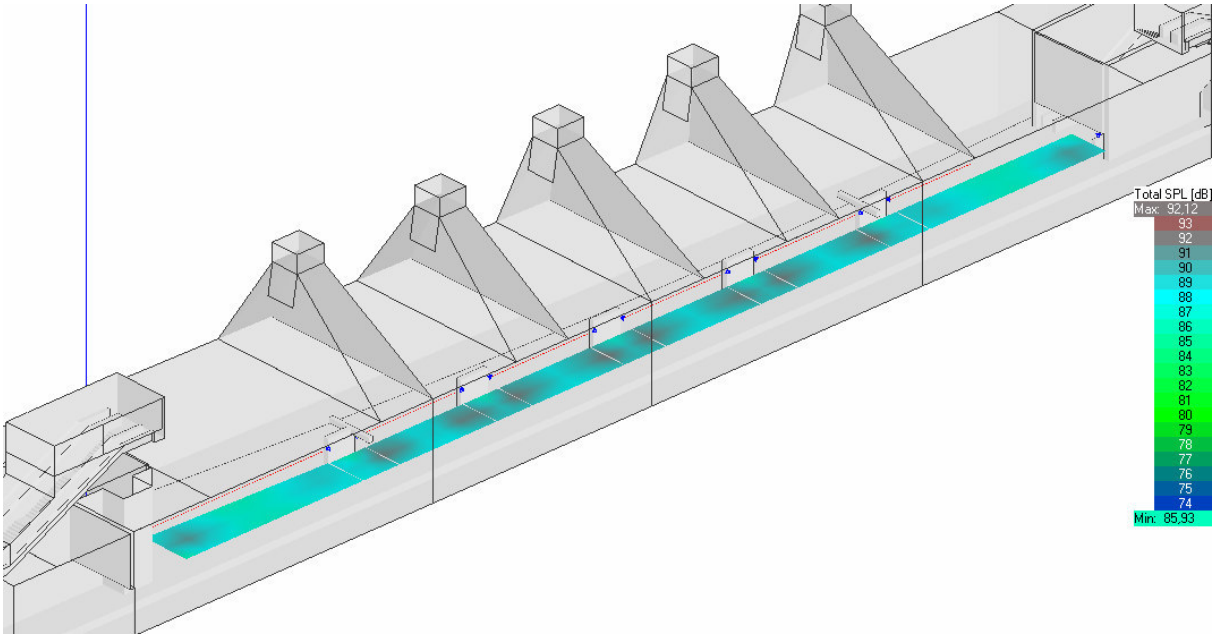


Abbildung 19: Variante 1b - Gleiskante Süd aktiv - TotalSPL 3D Verteilung, Gleiskante Süd

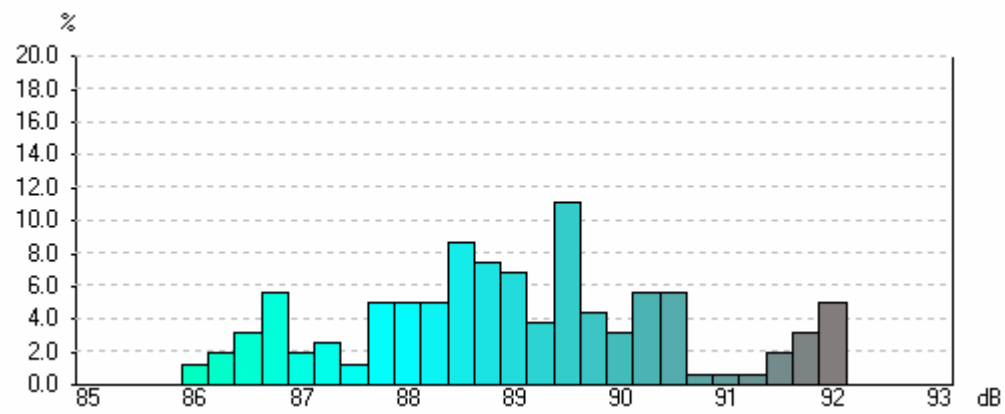


Abbildung 20: Variante 1b - Gleiskante Süd aktiv - TotalSPL Histogramm, Gleiskante Süd

Die aktive Gleiskante *Süd* erzeugt in der Zuhörerfläche Gleiskante *Süd* einen Gesamtschalldruck von gemittelt 89dB[A].

Achtung:
Der erzielbare Gesamtschalldruck ändert sich in Abhängigkeit vom Messsignal:

Rosa Rauschen, 6dB Crestfaktor	89dB[A]
STIPa Rauschen, 9dB Crestfaktor	86dB[A]
Sprache bei Alarmierung ohne Kompressor, ca. 12dB Crestfaktor	83dB[A]

5.4.1.3 Sprachverständlichkeit (durch Übersprechen) auf der benachbarten Gleiskante Nord

Nachfolgende Berechnung zeigt die zu erwartende Sprachverständlichkeit an Gleiskante *Nord*, wenn die Lautsprecher der Gleiskante *Süd* aktiv sind.

Hintergrundgeräusch: 70dB[A] bahntypisch (Reisenden, Zugbetrieb)

Variante 1a

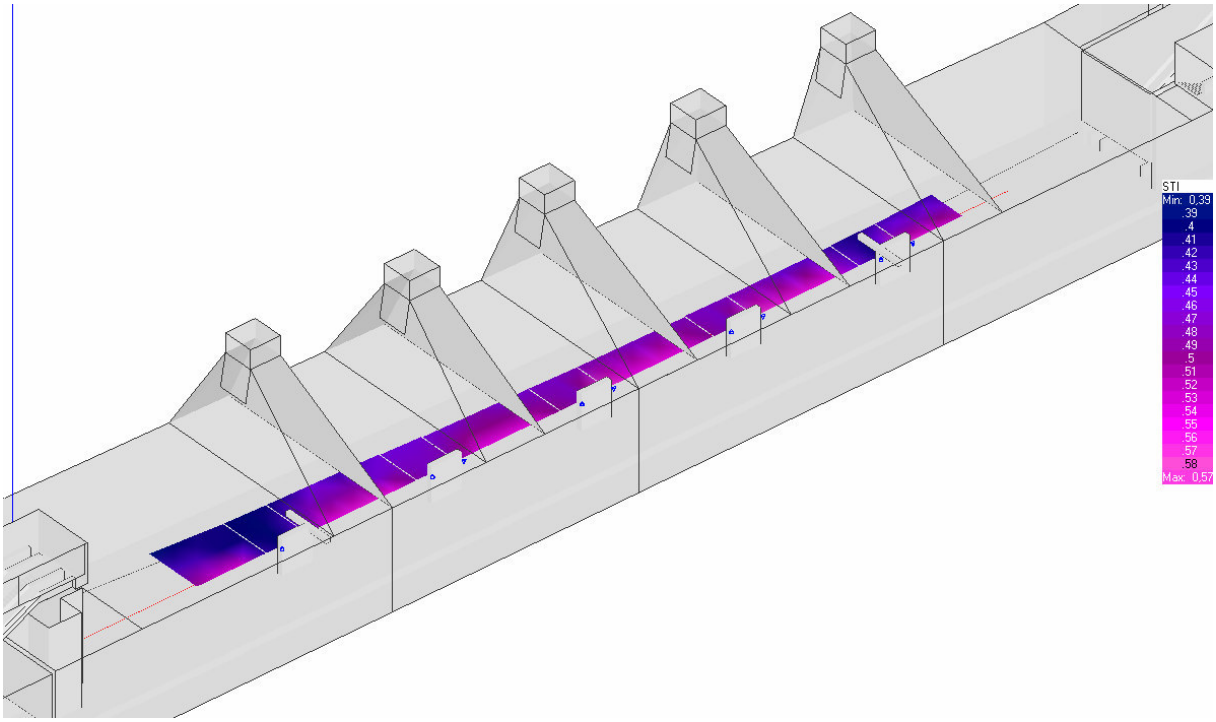


Abbildung 21: Variante 1a - Gleiskante Süd aktiv - STI 3D Verteilung an Gleiskante Nord, 70dB[A] Hintergrund

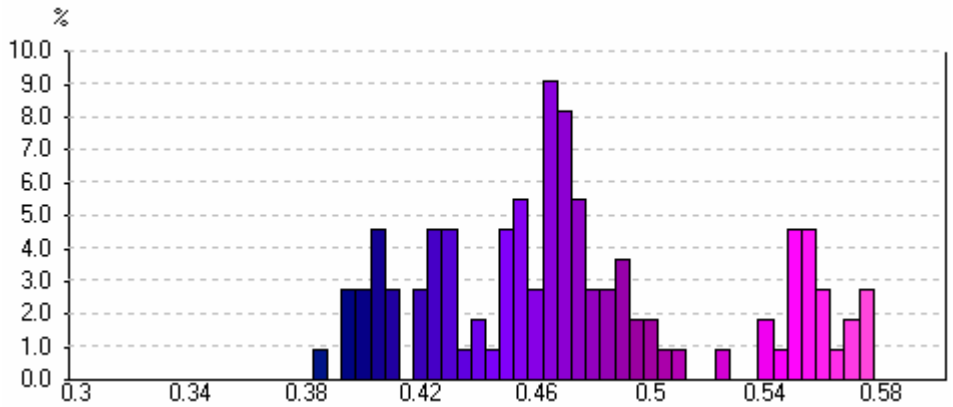


Abbildung 22: Variante 1a - Gleiskante Süd aktiv - STI Histogramm Gleiskante Nord, 70dB[A] Hintergrund

Die Reisenden an der benachbarten Gleiskante *Nord* verstehen die Ansage der Gleiskante *Süd* mit gemittelt STI= 0,47 immer noch ausreichend aber wesentlich schlechter als die Ansage der eigenen Gleiskante, was auch erwünscht ist. Im Übergangsbereich zwischen Gleiskante *Süd* und *Nord* wird ein deutlicher Qualitätsunterschied zu hören sein. In dieser Betrachtung ist die Beschallung an der Gleiskante *Nord* inaktiv. Der Sprachverständlichkeitsunterschied von der einen zur anderen Gleiskante beträgt somit 0,18 STI.

Variante 1b

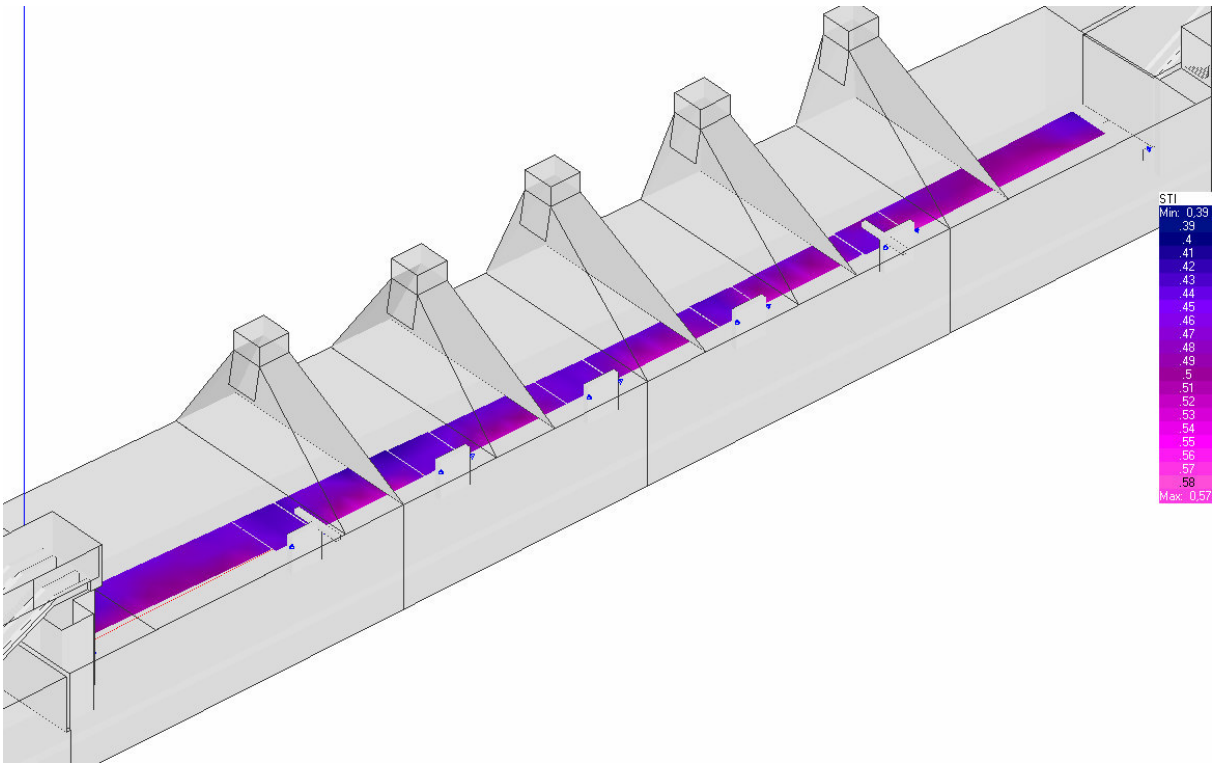


Abbildung 23: Variante 1b - Gleiskante Süd aktiv - STI 3D Verteilung an Gleiskante Nord, 70dB[A] Hintergrund

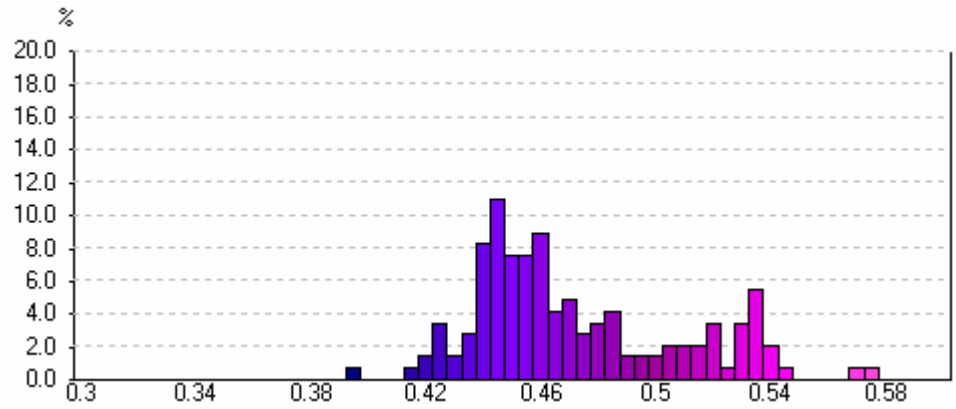


Abbildung 24: Variante 1b - Gleiskante Süd aktiv - STI Histogramm Gleiskante Nord, 70dB[A] Hintergrund

Die Reisenden an der benachbarten Gleiskante *Nord* verstehen die Ansage der Gleiskante *Süd* mit gemittelt STI= 0,47 immer noch ausreichend aber wesentlich schlechter als die Ansage der eigenen Gleiskante, was auch erwünscht ist. Im Übergangsbereich zwischen Gleiskante *Süd* und *Nord* wird ein deutlicher Qualitätsunterschied zu hören sein. In dieser Betrachtung ist die Beschallung an der Gleiskante *Nord* inaktiv. Der Sprachverständlichkeitsunterschied von der einen zur anderen Gleiskante beträgt somit 0,18 STI.

Die Reisenden an der benachbarten Gleiskante *Nord* verstehen die Ansage der Gleiskante *Süd* mit gemittelt STI= 0,47 immer noch ausreichend aber wesentlich schlechter als die Ansage der eigenen Gleiskante, was auch erwünscht ist. Im Übergangsbereich zwischen Gleiskante *Süd* und *Nord* wird ein deutlicher Qualitätsunterschied zu hören sein. In dieser Betrachtung ist die Beschallung an der Gleiskante *Nord* inaktiv. Der Sprachverständlichkeitsunterschied von der einen zur anderen Gleiskante beträgt somit 0,15 STI.

5.4.1.4 Gesamtschalldruck (Übersprechen) auf der benachbarten Gleiskante Nord

Nachfolgende Abbildung verdeutlicht das Übersprechen der Lautsprecher von Gleiskante *Süd* auf die unbeschallte Gleiskante *Nord*.

Variante 1a

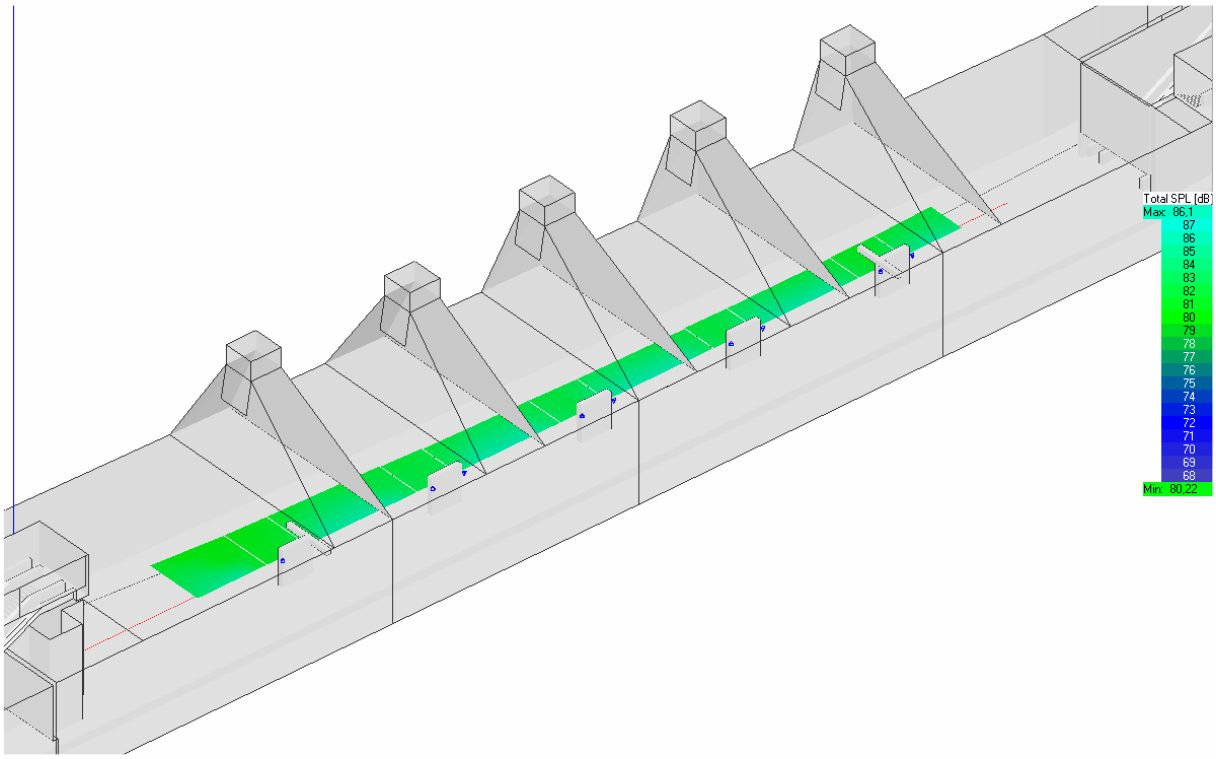


Abbildung 25: Variante 1a - Gleiskante Süd aktiv - TotalSPL 3D Verteilung Gleiskante Nord

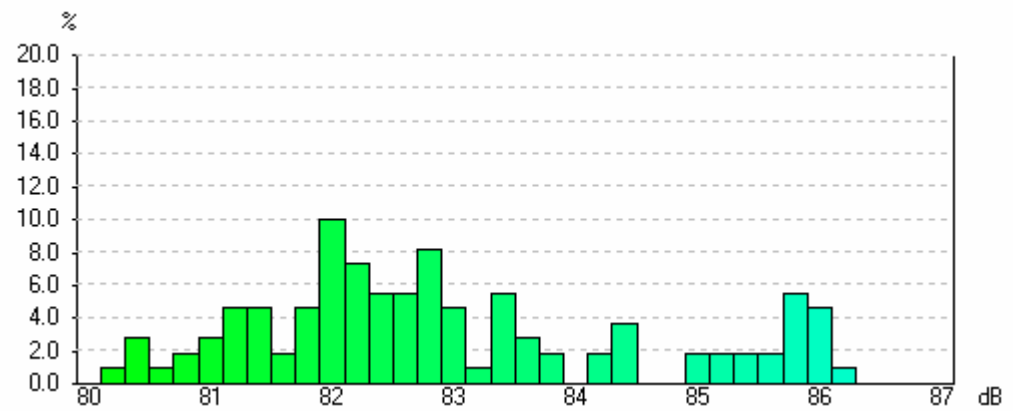


Abbildung 26: Variante 1a - Gleiskante Süd aktiv - TotalSPL Histogramm Gleiskante Nord

Durch das akustische Übersprechen wird an der Zuhörerfläche von Gleiskante *Nord* ein Gesamtschalldruck von gemittelt 83dB[A] erzeugt. Durch die entgegengesetzte Anordnung der Lautsprecher und deren Einbau in den Multifunktionsboxen wird das Schallfeld an der inaktiven Gleiskante *Nord* um 6dB geringer sein als an der aktiven Gleiskante *Süd*. Am Übergangsbereich zwischen Gleiskante *Süd* und *Nord* wird bereits ein Pegelunterschied zu hören sein. In dieser Betrachtung ist keine Beschallung an der Gleiskante *Nord*.

Variante 1b

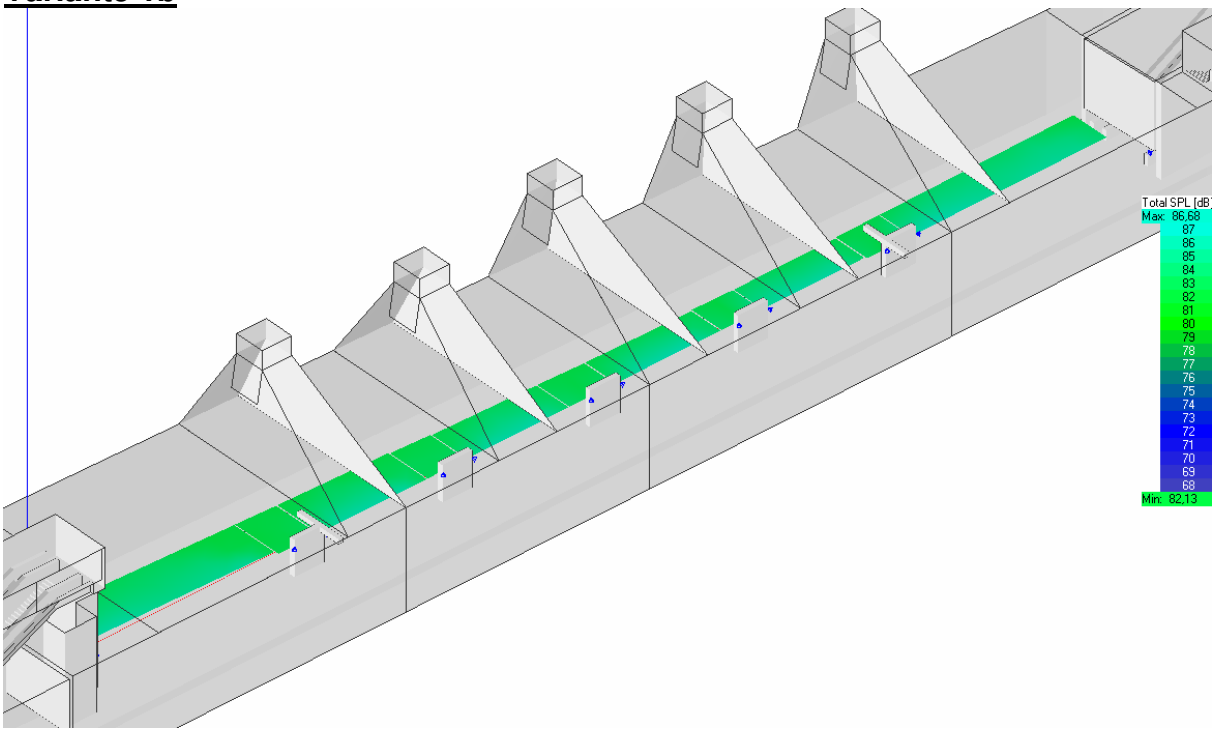


Abbildung 27: Variante 1b - Gleiskante Süd aktiv - TotalSPL 3D Verteilung Gleiskante Nord

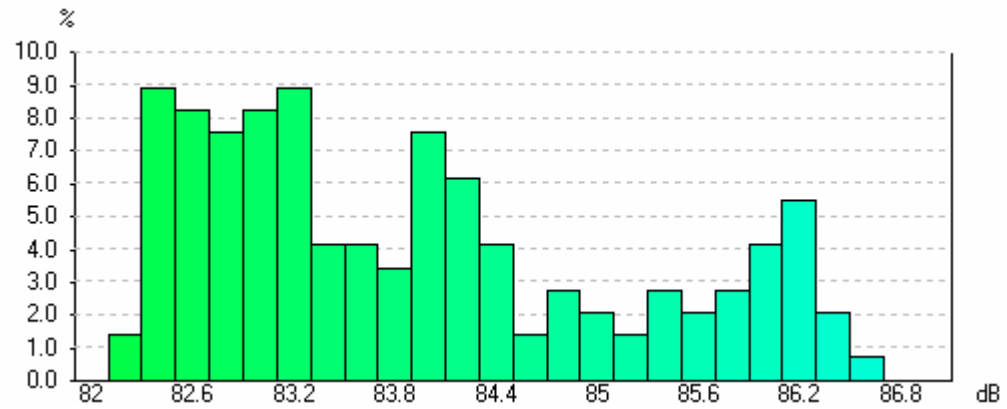


Abbildung 28: Variante 1b - Gleiskante Süd aktiv - TotalSPL Histogramm Gleiskante Nord

Durch das akustische Übersprechen wird an der Zuhörerfläche von Gleiskante *Nord* ein Gesamtschalldruck von gemittelt 84dB[A] erzeugt. Durch die entgegengesetzte Anordnung der Lautsprecher und deren Einbau in den Multifunktionsboxen wird das Schallfeld an der inaktiven Gleiskante *Nord* um 5dB geringer sein als an der aktiven Gleiskante *Süd*. Im 2m breiten Übergangsbereich zwischen Gleiskante *Süd* und *Nord* wird bereits ein Pegelunterschied zu hören sein. In dieser Betrachtung ist keine Beschallung an der Gleiskante *Nord*.

5.4.1.5 Zusammenfassung Fall 1: Gleiskante Süd ist aktiv und die Gleiskante Nord inaktiv

Die Lautsprecher der **Variante 1a** einer Gleiskante erzeugen bei einer Sprachdurchsage einen Schalldruck von 89dB[A] an der eigenen Gleiskante und einen Schalldruck von 83dB[A] an der benachbarten Gleiskante. Die Schalldruckdifferenz beträgt 6dB.
Bei der selektiven Beschallung von einer der Gleiskanten des Mittelbahnsteigs wird die Durchsage an der aktiven Gleiskante mit einer Sprachverständlichkeit STI von 0,65 gut verstanden. An der benachbarten Gleiskante wird die Durchsage mit einer Sprachverständlichkeit STI von 0,47 ebenso verstanden aber viel schlechter.

Die Lautsprecher der **Variante 1b** einer Gleiskante erzeugen bei einer Sprachdurchsage einen Schalldruck von 89dB[A] an der eigenen Gleiskante und einen Schalldruck von 84dB[A] an der benachbarten Gleiskante. Die Schalldruckdifferenz beträgt 6dB.
Bei der selektiven Beschallung von einer der Gleiskanten des Mittelbahnsteigs wird die Durchsage an der aktiven Gleiskante mit einer Sprachverständlichkeit STI von 0,62 gut verstanden. An der benachbarten Gleiskante wird die Durchsage mit einer Sprachverständlichkeit STI von 0,47 ebenso verstanden aber viel schlechter.

5.4.2 Fall 2: gleichzeitige Beschallung der Gleiskanten Süd und Nord

5.4.2.1 Sprachverständlichkeit der Ansage der Gleiskante Süd an der Zuhörerfläche Gleiskante Süd

Wie unter Simulationsschritt 2 berechnet ist die Ansage einer aktiven Gleiskante an der benachbarten Gleiskante mit 83dB[A] bzw. 84dB[A] zu hören. Dieser Schalldruck ist zusätzlich zum bahntypischen Hintergrundgeräusch dazu zu zählen.
Somit ist das Hintergrundgeräusch einer gleichzeitigen Beschallung mit gleichem Audioinhalt gleich dem Summenschalldruckpegel aus bahntypischen Hintergrundgeräusch (70dB[A]) und dem gedämpftem Schalldruckpegel der Ansage (Sprachsignal) einer aktiven und benachbarten Gleiskante (83dB[A] bzw. 84dB[A]) und ergibt ein neues Hintergrundgeräusch von 84dB[A].

Die Verteilung der Sprachverständlichkeit der Ansage an Gleiskante *Süd*, gestört durch die Ansage an Gleiskante *Nord*, ist in nachfolgender Abbildung gezeigt.

Hintergrundgeräusch: 84dB[A] erzeugt durch die Ansagen der Gleiskante *Nord* zusammen mit dem bahntypischen Hintergrundgeräusch

Variante 1a

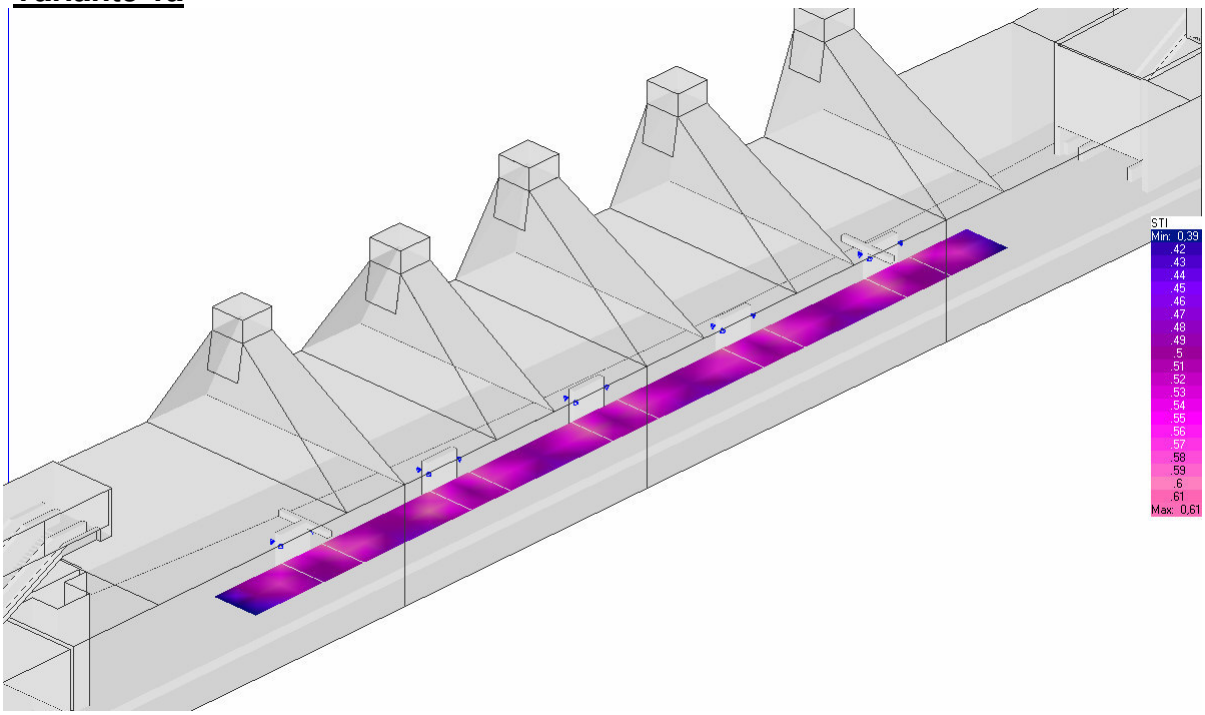


Abbildung 29: Variante 1a - Gleiskanten Süd und Nord aktiv - STI 3D Verteilung Ansage Gleiskante Süd, 84dB[A] Hintergrund

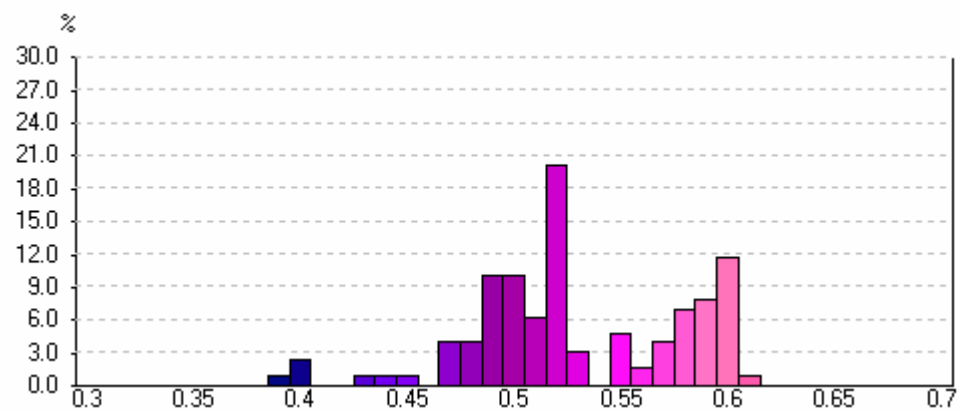


Abbildung 30: Variante 1a - Gleiskanten Süd und Nord aktiv - STI Histogramm Ansage Gleiskante Süd, 84dB[A] Hintergrund

Der geringere Signal-Stör-Abstand von 5dB (89dB[A]-84dB[A]) an der aktiven Gleiskante Gleis *Süd* bei einer gleichzeitigen Ansage an Gleiskante Gleis *Nord* führt zu einer Verschlechterung der Sprachverständlichkeit von 0,65STI (ohne gleichzeitige Ansage) auf 0,53STI.

Variante 1b

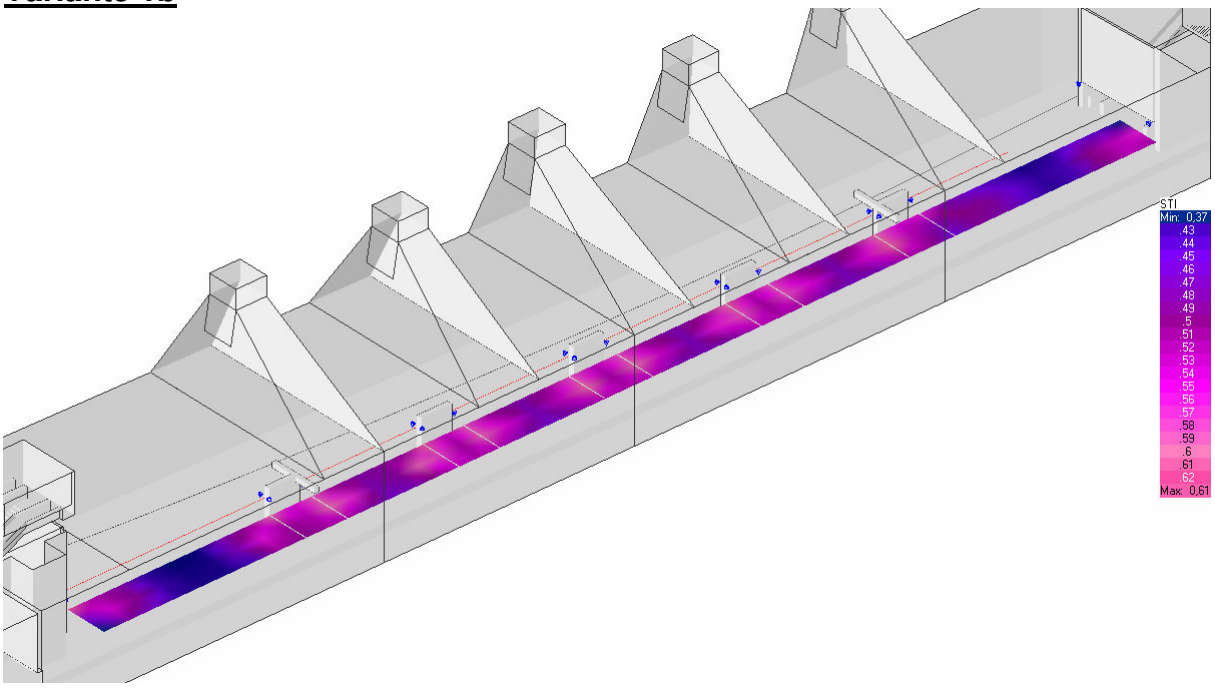


Abbildung 31: Variante 1b - Gleiskanten Süd und Nord aktiv - STI 3D Verteilung Ansage Gleiskante Süd, 84dB[A] Hintergrund

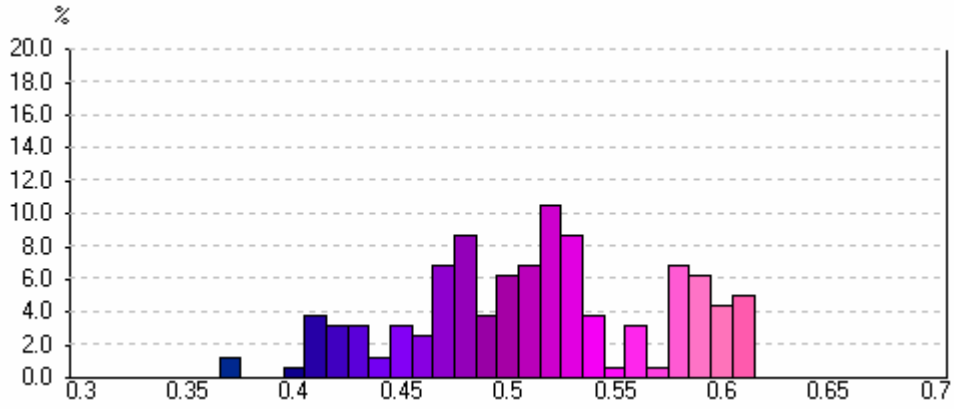


Abbildung 32: Variante 1b - Gleiskanten Süd und Nord aktiv - STI Histogramm Ansage Gleiskante Süd, 84dB[A] Hintergrund

Der geringere Signal-Stör-Abstand von 5dB (89dB[A]-84dB[A]) an der aktiven Gleiskante Gleis *Süd* bei einer gleichzeitigen Ansage an Gleiskante Gleis *Nord* führt zu einer Verschlechterung der Sprachverständlichkeit von 0,62STI (ohne gleichzeitige Ansage) auf 0,51STI.

5.4.2.2 Sprachverständlichkeit der Ansage der Gleiskante Nord an der Zuhörerfläche Gleiskante Süd

Die Zuhörerfläche an Gleiskante *Süd* bildet hierbei nicht die STI-Werte der Ansage an Gleiskante *Süd* ab, sondern zeigt die zu erwartenden Sprachverständlichkeitswerte der Ansage der Gleiskante *Nord* auf der Zuhörerfläche Gleiskante *Süd* (siehe Abbildung 33) bei gleichzeitiger Beschallung beider Gleiskanten.
In diesem Fall ist das Störgeräusch gleich der logarithmischen Summe des bahntypischen Hintergrundgeräuschs 70dB[A] mit dem im Abschnitt 5.4.1.25.4.1.2 berechneten Gesamtschalldruck von 89dB[A], erzeugt durch die Ansage der Gleiskante *Süd* an der Zuhörerfläche der Gleiskante *Süd* zu setzen.

Hintergrundgeräusch:	89dB[A] erzeugt durch Ansagen der Gleiskante Süd und bahntypischen Hintergrundgeräusch

Variante 1a

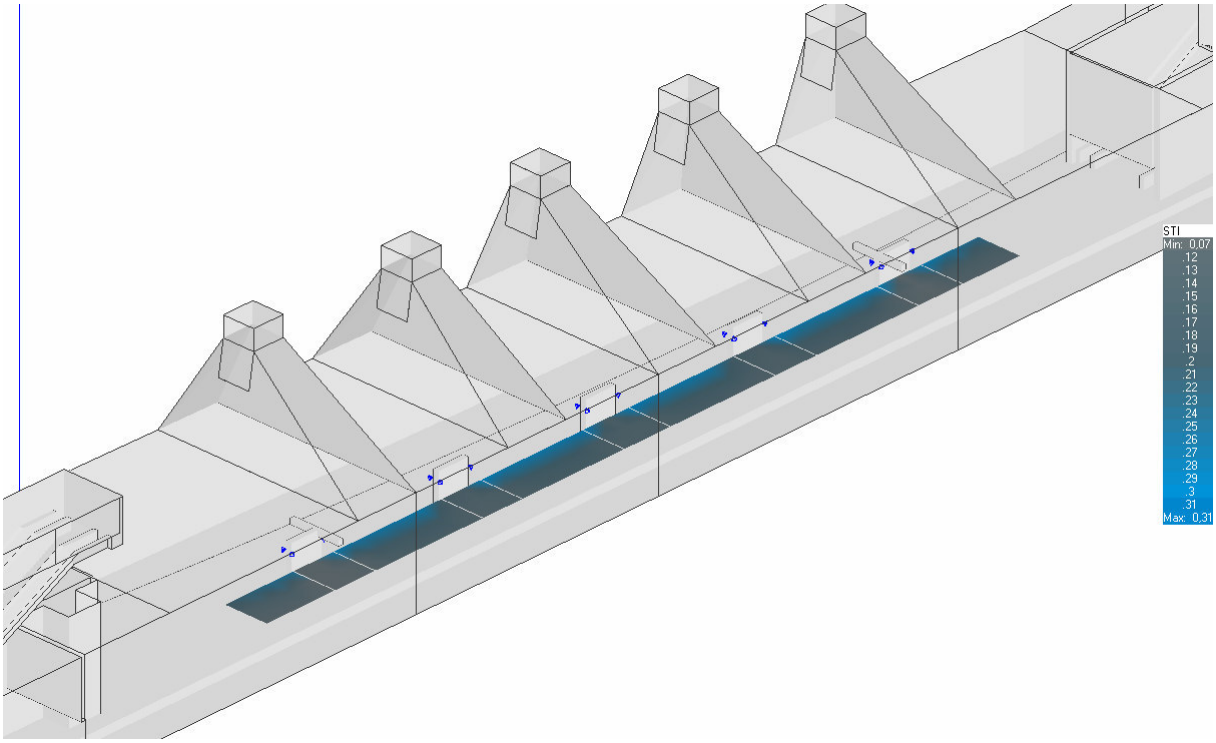


Abbildung 33: Variante 1a - Gleiskanten Süd und Nord aktiv - STI 3D Verteilung Ansage Gleiskante Nord auf Gleiskante Süd, 89dB[A] Hintergrund

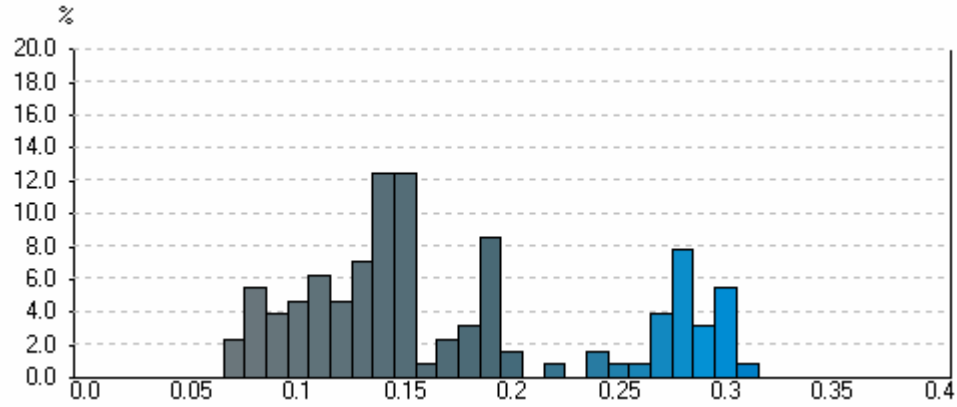


Abbildung 34: Variante 1a - Gleiskanten Süd und Nord aktiv - STI Histogramm Ansage Gleiskante Nord auf Gleiskante Süd, 89dB[A] Hintergrund

Bei zwei gleichzeitigen Ansagen an Gleiskante Süd sowie Gleiskante Nord wird die Ansage von Gleiskante Nord an der Gleiskante Süd nicht mehr zu verstehen sein, da die Ansage von Gleiskante Gleis Nord an Gleiskante Süd eine Sprachverständlichkeit von 0,17 STI erzeugt.

Variante 1b

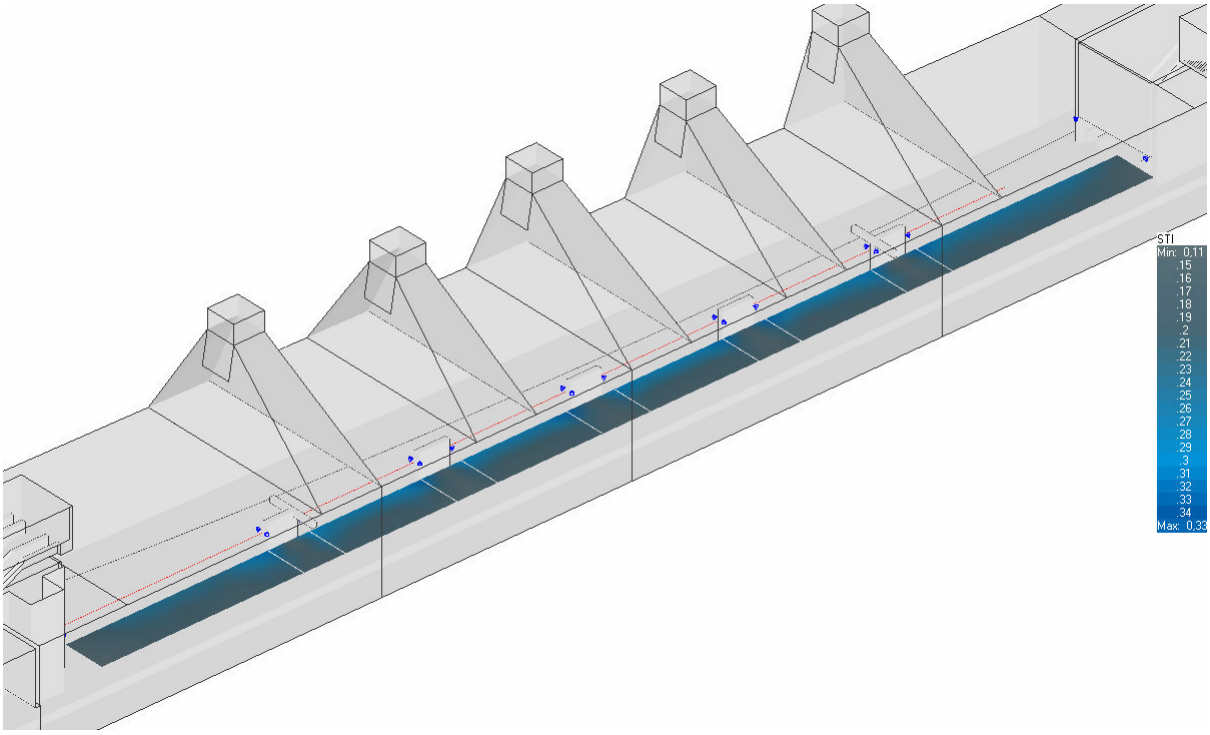


Abbildung 35: Variante 1b - Gleiskanten Süd und Nord aktiv - STI 3D Verteilung Ansage Gleiskante Nord auf Gleiskante Süd, 89dB[A] Hintergrund

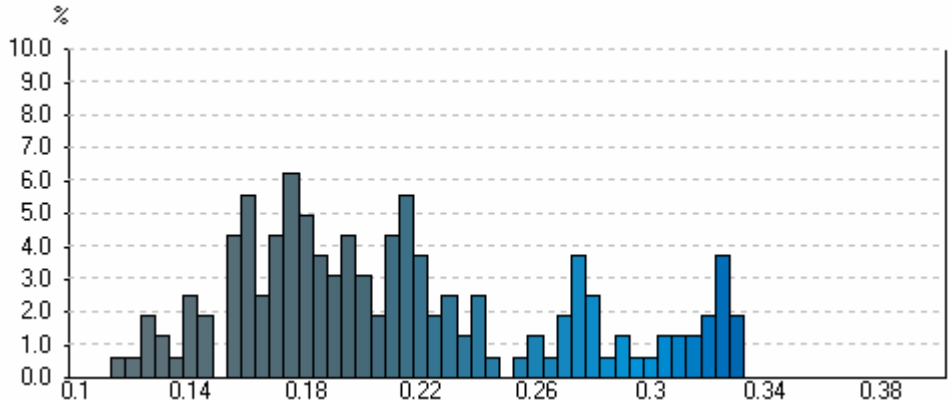


Abbildung 36: Variante 1b - Gleiskanten Süd und Nord aktiv - STI Histogramm Ansage Gleiskante Nord auf Gleiskante Süd, 89dB[A] Hintergrund

Bei zwei gleichzeitigen Ansagen an Gleiskante Süd sowie Gleiskante Nord wird die Ansage von Gleiskante Nord an der Gleiskante Süd nicht mehr zu verstehen sein, da die Ansage von Gleiskante Gleis Nord an Gleiskante Süd eine Sprachverständlichkeit von 0,21 STI erzeugt.

5.4.2.3 Zusammenfassung Fall 2: gleichzeitige Beschallung Gleiskanten Süd und Nord

Für die Beschallung mit der **Variante 1a** bedeutet das: bei gleichzeitiger Beschallung beider Gleiskanten wird der Reisende die Durchsagen seiner Gleiskante mit 0,53 STI ausreichend verstehen. Die parallele Durchsage der Nachbargleiskante wird mit nur noch 0,17 STI unverständlich für ihn sein.

Für die Beschallung mit der **Variante 1b** bedeutet das: bei gleichzeitiger Beschallung beider Gleiskanten wird der Reisende die Durchsagen seiner Gleiskante mit 0,51 STI ausreichend verstehen. Die parallele Durchsage der Nachbargleiskante wird mit nur noch 0,21 STI unverständlich für ihn sein.

6 Variante 2 – passive horizontale Zeilenlautsprecherzeilen in einem Raster von 13,5m

6.1 Lautsprecheranordnung und eingesetzter Lautsprecher

Lautsprecheranordnung

Die Variante 2 besteht aus insgesamt 16 horizontalen passiven Lautsprecherzeilen. Die Hälfte davon ist über der einen Gleiskante aufgehängt und die andere Hälfte über der gegenüber liegenden Gleiskante montiert. Sie sind an der Rohdecke auf einer Höhe von 9,7m, gemessen von der Bahnsteigoberfläche bis zur Lautsprecherunterkante montiert. Der Abstand zwischen den einzelnen Lautsprecher beträgt zwischen 13,5m. In der folgenden Abbildung ist die Anordnung der Lautsprecher abgebildet.

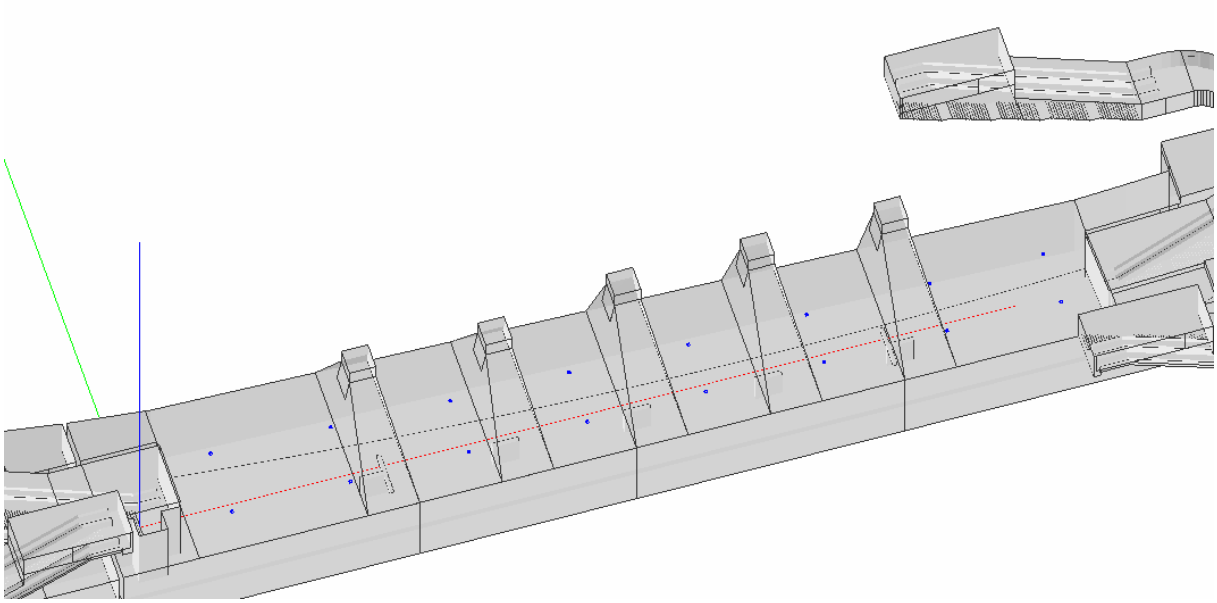


Abbildung 37: Bahnsteigebene – Anordnung der horizontalen Intellivox H90 Lautsprecherzeilen im 3D Modell

Eingesetzter Lautsprecher

Zur Berechnung der Sprachalarmierungsanlage wird hier der Datensatz der passiven Lautsprecherzeile Intellivox H90 von JBL Professional/ Duran Audio mit EN54-24 Zertifizierung eingesetzt.
Die Lautsprecherzeile Intellivox H90 besitzt einen breiten vertikalen Abstrahlungswinkel von über 198° bei 1kHz und von 88° bei 4kHz. Der horizontale Abstrahlungswinkel wird mit steigender Frequenz kleine. Bei 1kHz beträgt er 66° und bei 4kHz nur noch 27°. In Abbildung 38 ist die Abstrahlcharakteristik der H90 Lautsprecher bei 1kHz dargestellt.

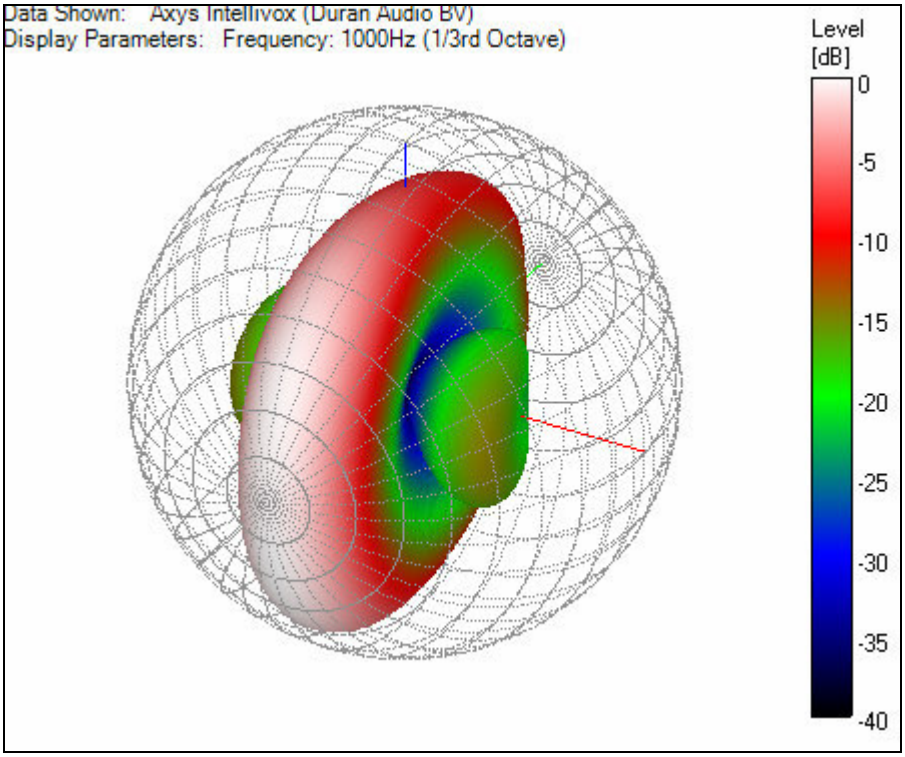


Abbildung 38: Abstrahlcharakteristik Intellivox H90, Balloon Oktave-Band 1 kHz

6.2 Installationskoordinaten und Einstellungsparameter der Lautsprecher

Zur Einordnung der Lautsprecher auf der Bahnsteigebene das Koordinatensystem so wie in der Abbildung 10 bereits gezeigt gewählt.

Der Koordinatenursprung liegt in der Mitte des Treppenaufgangs zum Verteilerebene West auf Höhe des Fertigfußbodens.

Die Koordinaten der Lautsprecher sind in der nachfolgenden Tabelle eingetragen. Die Montagehöhe Z[m] wird gemessen von Oberkante Fertigfußboden bis Unterkante Lautsprecher.

LS Nummer	Typ	X[m]	Y[m]	Z[m]
An 2-Gl Süd-LS1	Intellivox ADC-H90	8,50	-6,50	9,70
An 2-Gl Süd-LS2	Intellivox ADC-H90	22,00	-6,50	9,70
An 2-Gl Süd-LS3	Intellivox ADC-H90	35,50	-6,50	9,70
An 2-Gl Süd-LS4	Intellivox ADC-H90	49,00	-6,50	9,70
An 2-Gl Süd-LS5	Intellivox ADC-H90	62,50	-6,50	9,70
An 2-Gl Süd-LS6	Intellivox ADC-H90	76,00	-6,50	9,70
An 2-Gl Süd-LS7	Intellivox ADC-H90	90,00	-6,50	9,70
An 2-Gl Süd-LS8	Intellivox ADC-H90	103,00	-6,50	9,70

Tabelle 5: Installationskoordinaten passive Lautsprecherzeilen Intellivox H90, Gleiskante Süd

LS Nummer	Typ	X[m]	Y[m]	Z[m]
An 2-Gl Nord -LS1	Intellivox ADC-H90	8,50	1,50	9,70
An 2-Gl Nord -LS2	Intellivox ADC-H90	22,00	1,00	9,70
An 2-Gl Nord -LS3	Intellivox ADC-H90	35,50	0,50	9,70

LS Nummer	Typ	X[m]	Y[m]	Z[m]
An 2-Gl Nord -LS4	Intellivox ADC-H90	49,00	0,30	9,70
An 2-Gl Nord -LS5	Intellivox ADC-H90	62,50	0,00	9,70
An 2-Gl Nord -LS6	Intellivox ADC-H90	76,00	0,00	9,70
An 2-Gl Nord -LS7	Intellivox ADC-H90	90,00	0,00	9,70
An 2-Gl Nord -LS8	Intellivox ADC-H90	103,00	0,00	9,70

Tabelle 6: Installationskoordinaten passive Lautsprecherzeilen Intellivox H90, Gleiskante Nord

Um die Lautstärke flexibel anpassen zu können ohne den Leistungsabgriff am Lautsprecher nachträglich ändern zu müssen, werden die Intellivox H90 Zeilen an der maximalen Anzapfung von 100W angeschlossen. Die Lautstärke der Lautsprecher ist nach der Installation so einzustellen, dass der im Abschnitt 6.3.1.2 berechnete Gesamtschalldruck von 89dB[A] bei einem Signal mit 6dB Crestfaktor messbar ist. Der Schallleistungspegel jedes einzelnen Lautsprechers relativ zum Maximalpegel einer noch unbekannten Zentraltechnik beträgt -12dB und wird hier angegeben, um die Einstellungen an der Zentraltechnik einfacher vornehmen zu können.

6.3 Elektroakustische Berechnung – Gleisselektive, gleichzeitige Beschallung

Die nachfolgenden elektroakustischen Berechnungen der gleisselektiven, gleichzeitigen Beschalung mit der Variante 2 ist nach der bereits unter 5.4 beschriebenen Methode durchgeführt worden.

6.3.1 Fall1: Gleiskante Süd aktiv und Gleiskante Nord inaktiv

6.3.1.1 Sprachverständlichkeit Gleiskante Süd

Nachfolgende Berechnung zeigt die zu erwartende Sprachverständlichkeit an Gleiskante *Süd*, wenn die Lautsprecher zur Informierung der Reisenden an der Gleiskante *Süd* aktiv und diese an der Gleiskante *Nord* inaktiv sind.

Hintergrundgeräusch: 70dB[A] bahntypisch (Reisenden, Zugbetrieb)

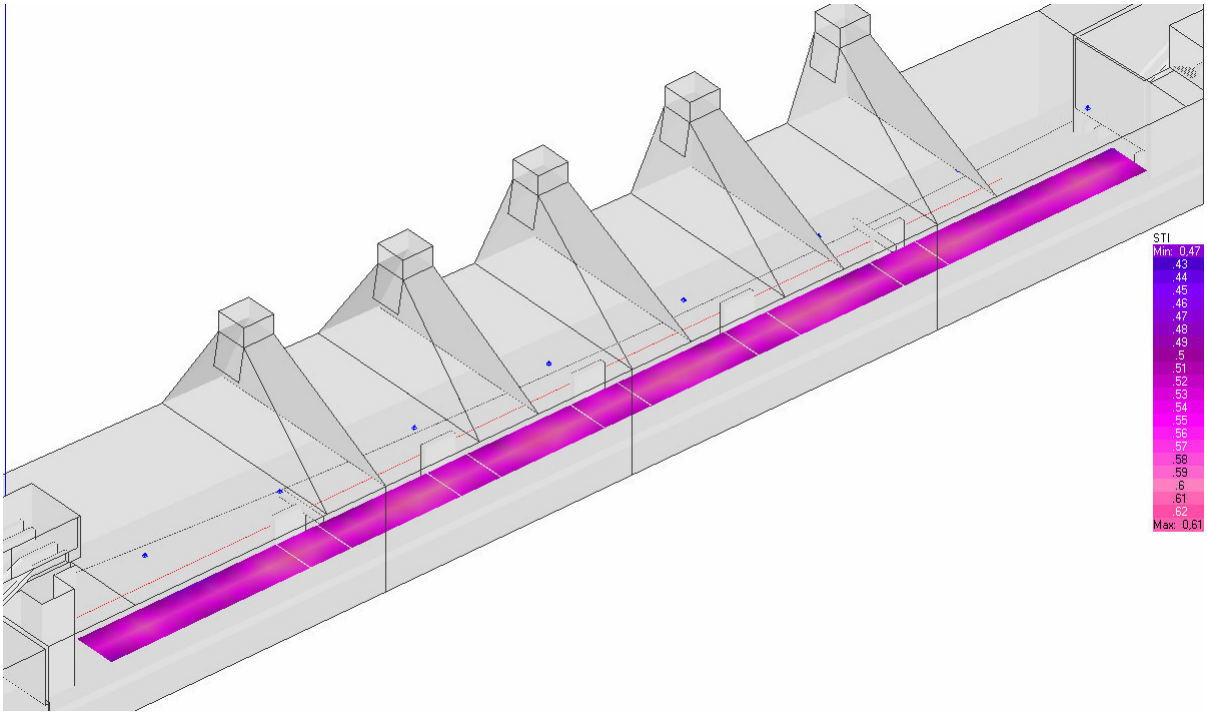


Abbildung 39: Variante 2 - Gleiskante Süd aktiv - 3D STI Verteilung an Gleiskante Süd, 70dB[A] Hintergrund

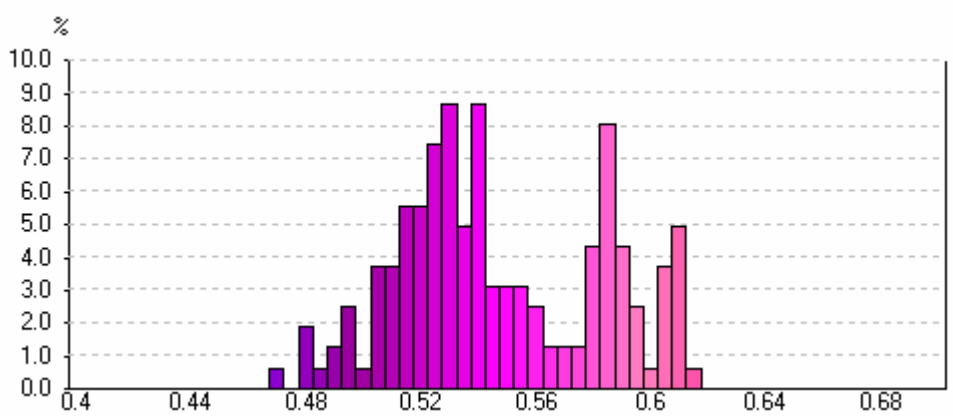


Abbildung 40: Variante 2 - Gleiskante Süd aktiv - STI Histogramm Gleiskante Süd, 70dB[A] Hintergrund

Die aktive Gleiskante *Süd* erzielt an der Zuhörerfläche Gleiskante *Süd* Sprachverständlichkeitswerte von gemittelt 0,55 STI und wird von den Reisenden an Gleiskante *Süd* sehr gut zu verstehen sein.

6.3.1.2 Gesamtschalldruck Gleiskante Süd

Nachfolgende Berechnung zeigt den zu erwartenden Gesamtschalldruck an der Gleiskante *Süd*, wenn die Lautsprecher der Gleiskante *Süd* aktiv und diese der Gleiskante *Nord* inaktiv sind.

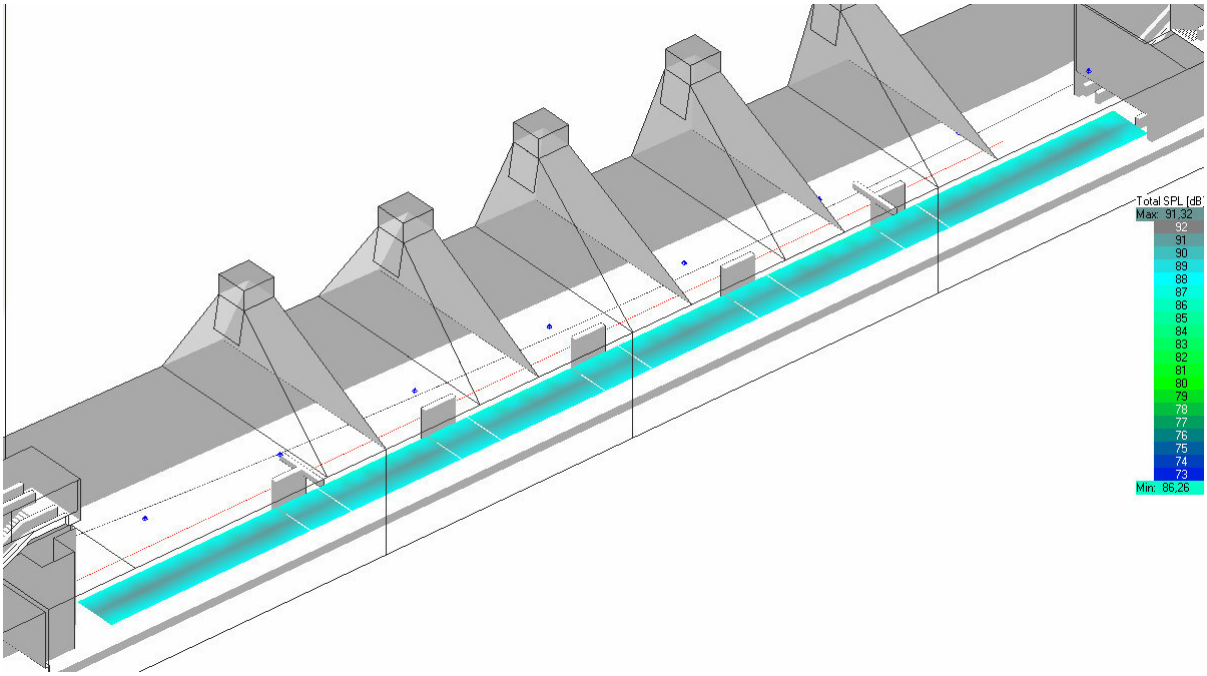


Abbildung 41: Variante 2 - Gleiskante *Süd* aktiv - TotalSPL 3D Verteilung, Gleiskante *Süd*

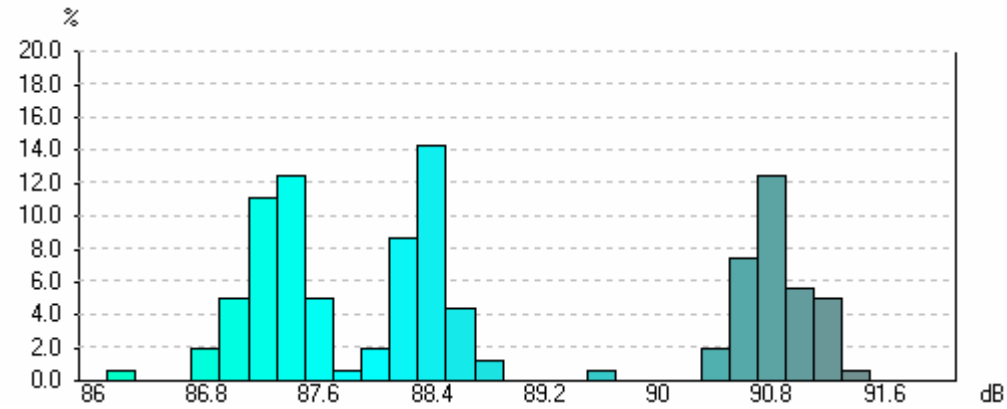


Abbildung 42: Variante 2 - Gleiskante *Süd* aktiv - TotalSPL Histogramm, Gleiskante *Süd*

Die aktive Gleiskante *Süd* erzeugt in der Zuhörerfläche Gleiskante *Süd* einen Gesamtschalldruck von gemittelt 89dB[A].

Achtung:
Der erzielbare Gesamtschalldruck ändert sich in Abhängigkeit vom Messsignal:

Rosa Rauschen, 6dB Crestfaktor	89dB[A]
STIPa Rauschen, 9dB Crestfaktor	86dB[A]
Sprache bei Alarmierung ohne Kompressor, ca. 12dB Crestfaktor	83dB[A]

6.3.1.3 Sprachverständlichkeit (durch Übersprechen) auf der benachbarten Gleiskante Nord

Nachfolgende Berechnung zeigt die zu erwartende Sprachverständlichkeit an Gleiskante *Nord*, wenn die Lautsprecher der Gleiskante *Süd* aktiv sind.

Hintergrundgeräusch: 70dB[A] bahntypisch (Reisenden, Zugbetrieb)

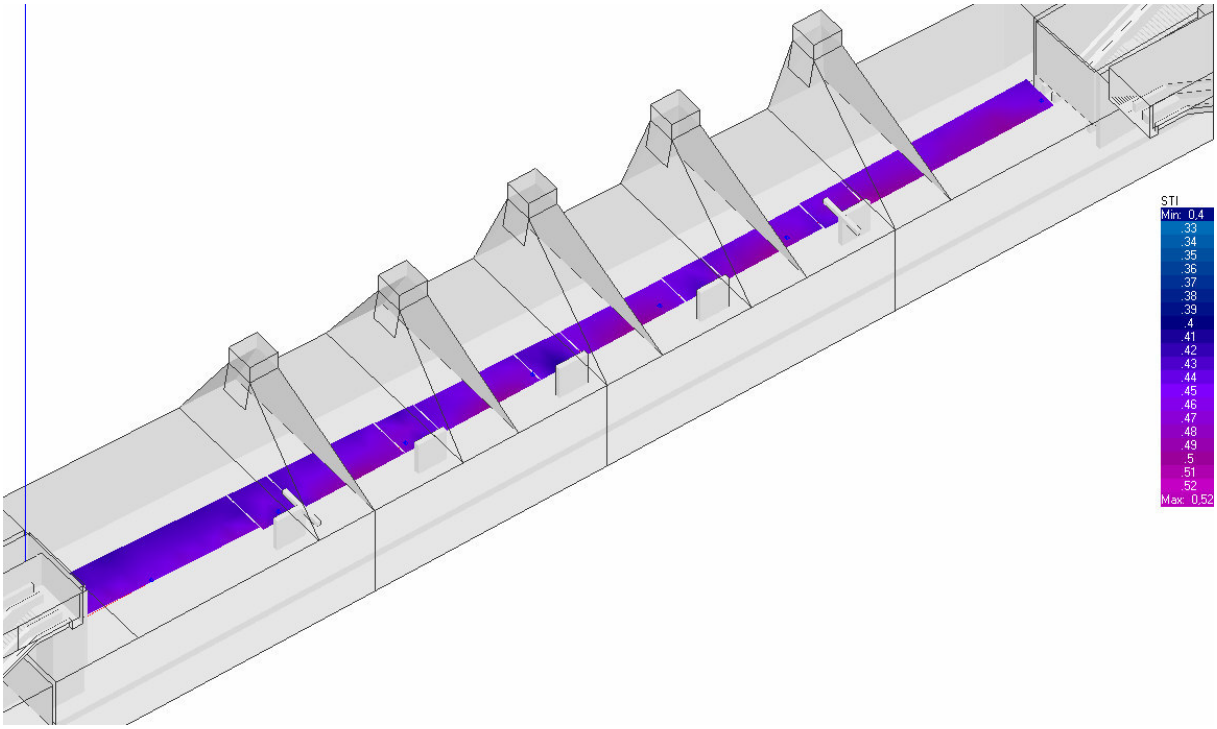


Abbildung 43: Variante 2 - Gleiskante Süd aktiv - STI 3D Verteilung an Gleiskante Nord, 70dB[A] Hintergrund

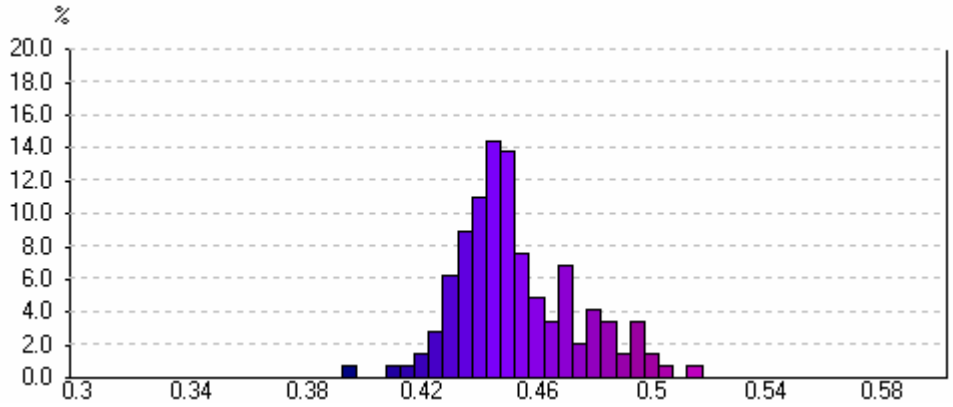


Abbildung 44: Variante 2 - Gleiskante Süd aktiv - STI Histogramm Gleiskante Nord, 70dB[A] Hintergrund

Die Reisenden an der benachbarten Gleiskante *Nord* verstehen die Ansage der Gleiskante *Süd* mit gemittelt STI= 0,45 immer noch ausreichend aber wesentlich schlechter als die Ansage der eigenen Gleiskante, was auch erwünscht ist. Im Übergangsbereich zwischen Gleiskante *Süd* und *Nord* wird ein deutlicher Qualitätsunterschied zu hören sein. In dieser Betrachtung ist die Beschallung an der Gleiskante *Nord* inaktiv. Der Sprachverständlichkeitsunterschied von der einen zur anderen Gleiskante beträgt somit 0,10 STI.

6.3.1.4 Gesamtschalldruck (Übersprechen) auf der benachbarten Gleiskante Süd

Nachfolgende Abbildung verdeutlicht das Übersprechen der Lautsprecher von Gleiskante *Süd* auf die unbeschallte Gleiskante *Nord*.

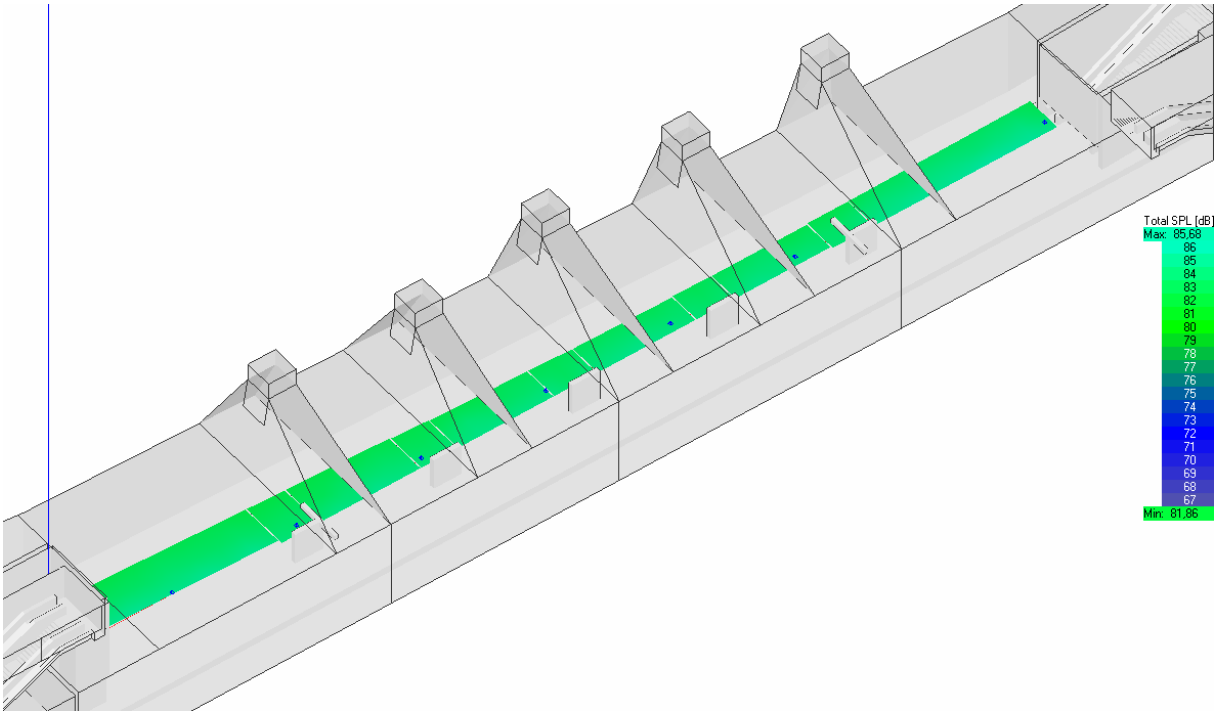


Abbildung 45: Variante 2 - Gleiskante Nord aktiv - TotalSPL 3D Verteilung Gleiskante Süd

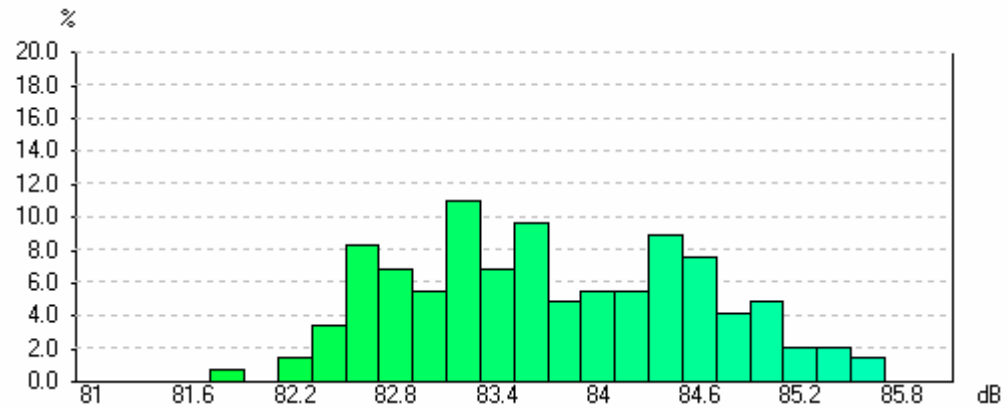


Abbildung 46: Variante 2 - Gleiskante Nord aktiv - TotalSPL Histogramm Gleiskante Süd

Durch das akustische Übersprechen wird an der Zuhörerfläche von Gleiskante *Süd* ein Gesamtschalldruck von gemittelt 84dB[A] erzeugt. Allein durch die spezifische Richtcharakteristik des Intellivox H90 Lautsprechers wird das Schallfeld an der inaktiven Gleiskante *Süd* um 5dB geringer sein als an der aktiven Gleiskante *Nord*. Die horizontal definierte Abstrahlung richtet das Signal auf die Hörfläche und vermeidet die Beschallung angrenzender Flächen. im 2m breiten Übergangsbereich zwischen Gleiskante *Süd* und *Nord* wird bereits ein Pegelunterschied zu hören sein. In dieser Betrachtung ist keine Beschallung an der Gleiskante *Nord*.

Achtung:
Der erzielbare Gesamtschalldruck ändert sich in Abhängigkeit vom Messsignal:

Rosa Rauschen, 6dB Crestfaktor	84dB[A]
STIPa Rauschen, 9dB Crestfaktor	81dB[A]
Sprache bei Alarmierung ohne Kompressor, ca. 12dB Crestfaktor	78dB[A]

6.3.1.5 Zusammenfassung Fall 1: Gleiskante Süd ist aktiv und die Gleiskante Nord inaktiv

Die Lautsprecher einer Gleiskante erzeugen bei einer Sprachdurchsage einen Schalldruck von 89dB[A] an der eigenen Gleiskante und einen Schalldruck von 84dB[A] an der benachbarten Gleiskante. Die Schalldruckdifferenz beträgt 5dB.
Bei der selektiven Beschallung von einer der Gleiskanten des Mittelbahnsteigs wird die Durchsage an der aktiven Gleiskante mit einer minimalen Sprachverständlichkeit STI von 0,55 gut verstanden und an der benachbarten Gleiskante mit einer minimalen Sprachverständlichkeit STI von 0,45 ebenso verstanden aber viel schlechter.

6.3.2 Fall 2: gleichzeitige Beschallung der Gleiskanten Süd und Nord

6.3.2.1 Sprachverständlichkeit der Ansage der Gleiskante Süd an der Zuhörerfläche Gleiskante Süd

Wie unter Simulationsschritt 2 berechnet ist die Ansage einer aktiven Gleiskante an der benachbarten Gleiskante mit 84dB[A] zu hören. Dieser Schalldruck ist zusätzlich zum bahntypischen Hintergrundgeräusch dazu zu zählen.
Somit ist das Hintergrundgeräusch einer gleichzeitigen Beschallung mit gleichem Audioinhalt gleich dem Summenschalldruckpegel aus bahntypischen Hintergrundgeräusch (70dB[A]) und dem gedämpftem Schalldruckpegel der Ansage (Sprachsignal) einer aktiven und benachbarten Gleiskante (84dB[A]) und ergibt ein neues Hintergrundgeräusch von 84dB[A].

Die Verteilung der Sprachverständlichkeit der Ansage an Gleiskante *Süd*, gestört durch die Ansage an Gleiskante *Nord*, ist in nachfolgender Abbildung gezeigt.

Hintergrundgeräusch:	84 dB[A] erzeugt durch die Ansagen der Gleiskante *Nord* zusammen mit dem bahntypischen Hintergrundgeräusch

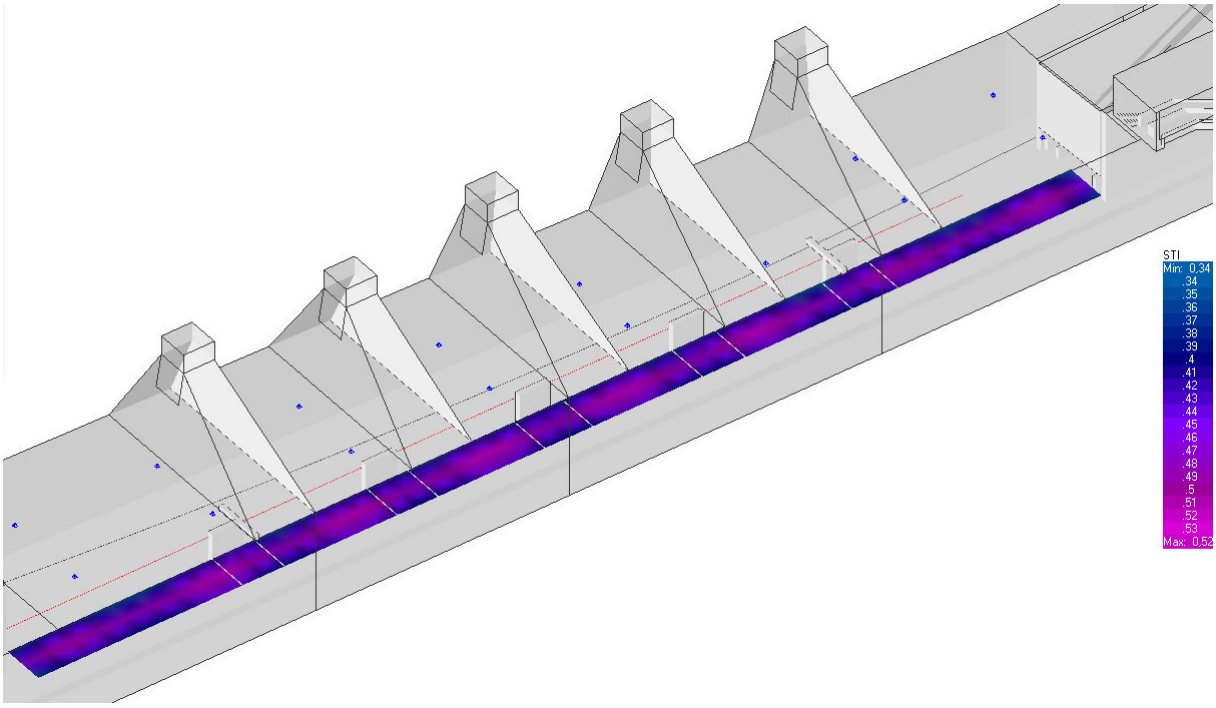


Abbildung 47: Variante 2 - Gleiskanten Süd und Nord aktiv - STI 3D Verteilung Ansage Gleiskante Süd, 84dB[A] Hintergrund

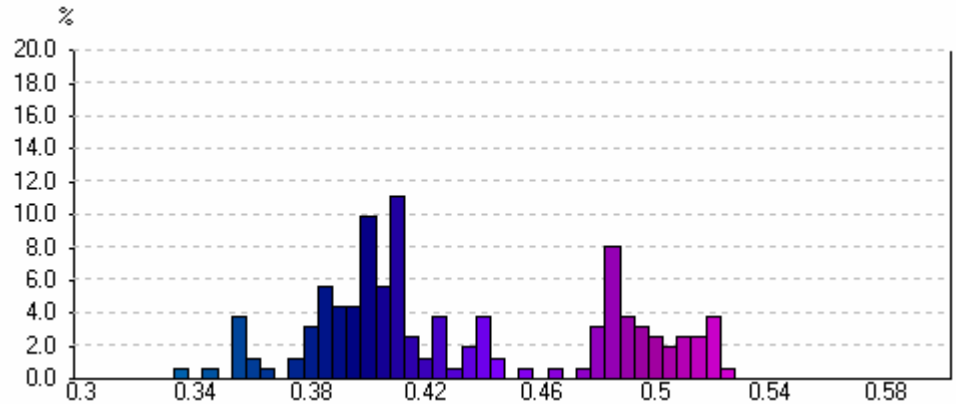


Abbildung 48: Variante 2 - Gleiskanten Süd und Nord aktiv - STI Histogramm Ansage Gleiskante Süd, 84dB[A] Hintergrund

Der geringere Signal-Stör-Abstand von 5dB (89dB[A]-84dB[A]) an der aktiven Gleiskante Gleis *Süd* bei einer gleichzeitigen Ansage an Gleiskante Gleis *Nord* führt zu einer Verschlechterung der Sprachverständlichkeit von 0,55STI (ohne gleichzeitige Ansage) auf 0,43STI.
Da der Schall vom Lautsprecher sehr stark gebündelt wird, ist der Schalldruck direkt unterhalb der Zeilen maximal und fällt seitlich rapide ab. Da das Übersprechen von der ebenso aktiven benachbarten Gleiskante sehr hoch ist, ist das S/N an den Seiten der Zuhörerflächen kleiner als direkt unter die Zeilen. Darum sinkt die mittlere Sprachverständlichkeit von 0,55 STI bei 70dB(A) Hintergrundgeräusch (Fall1) auf 0,43 STI bei 84dB(A) Hintergrundgeräusch (Fall 2).

6.3.2.2 Sprachverständlichkeit der Ansage der Gleiskante Nord an der Zuhörerfläche Gleiskante Süd

Die Zuhörerfläche an Gleiskante *Süd* bildet hierbei nicht die STI-Werte der Ansage an Gleiskante *Süd* ab, sondern zeigt die zu erwartenden Sprachverständlichkeitswerte der Ansage der Gleiskante *Nord* auf der Zuhörerfläche Gleiskante *Süd* (siehe Abbildung 49) bei gleichzeitiger Beschallung beider Gleiskanten.
In diesem Fall ist das Störgeräusch gleich der logarithmischen Summe des bahntypischen Hintergrundgeräuschs 70dB[A] mit dem im Abschnitt 6.3.1.2 berechneten Gesamtschalldruck von 89dB[A], erzeugt durch die Ansage der Gleiskante *Süd* an der Zuhörerfläche der Gleiskante *Süd* zu setzen.

Hintergrundgeräusch:	89dB[A] erzeugt durch Ansagen der Gleiskante Süd und bahntypischen Hintergrundgeräusch

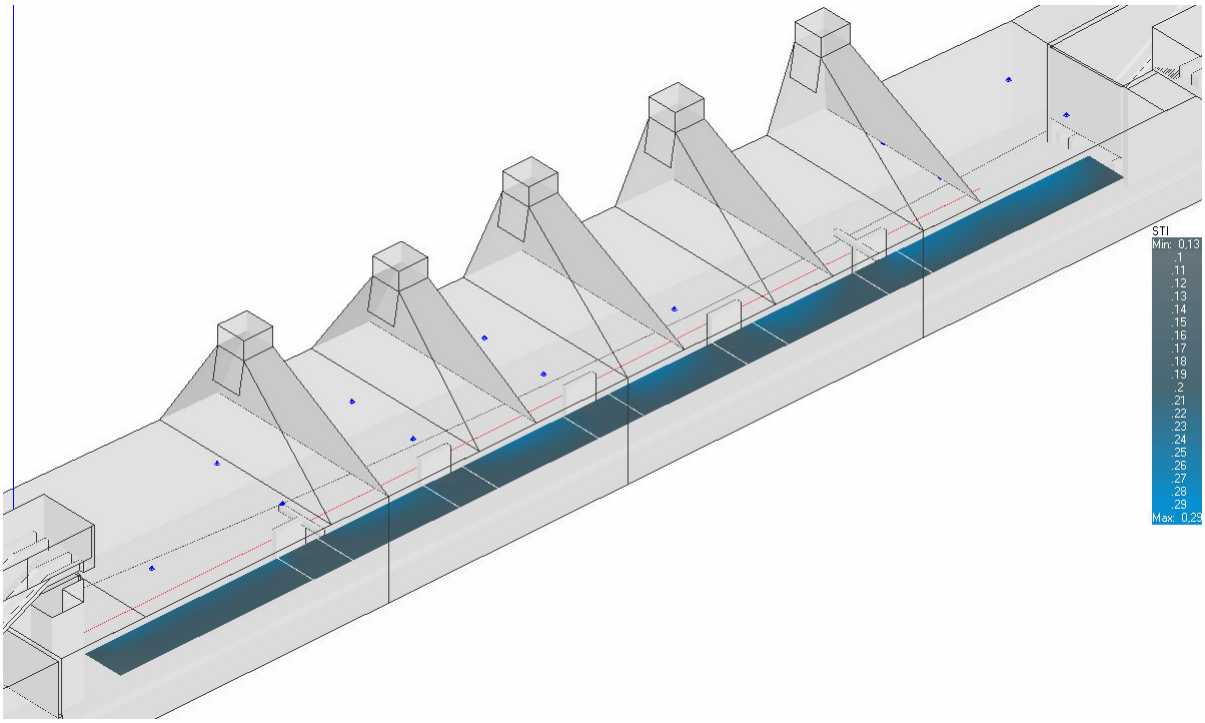


Abbildung 49: Variante 1 - Gleiskanten Süd und Nord aktiv - STI 3D Verteilung Ansage Gleiskante Nord auf Gleiskante Süd, 89dB[A] Hintergrund

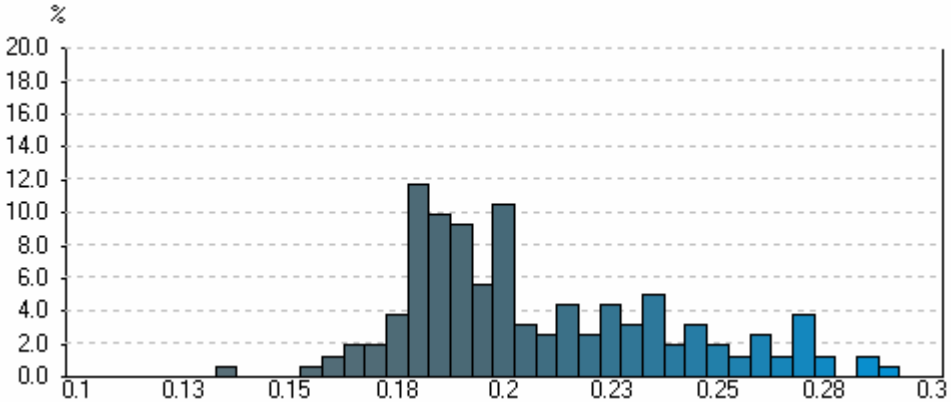


Abbildung 50: Variante 1 - Gleiskanten Süd und Nord aktiv - STI Histogramm Ansage Gleiskante Nord auf Gleiskante Süd, 89dB[A] Hintergrund

Bei zwei gleichzeitigen Ansagen an Gleiskante Süd sowie Gleiskante Nord wird die Ansage von Gleiskante Nord an der Gleiskante Süd nicht mehr zu verstehen sein, da die Ansage von Gleiskante Gleis Nord an Gleiskante Süd eine Sprachverständlichkeit von 0,22 STI erzeugt.

6.3.2.3 Zusammenfassung Fall 2: gleichzeitige Beschallung Gleiskanten Süd und Nord

Das bedeutet: bei gleichzeitiger Beschallung beider Gleiskanten wird der Reisende die Durchsagen seiner Gleiskante mit 0,43 STI schlecht verstehen. Die parallele Durchsage der Nachbargleiskante wird mit nur noch 0,21 STI unverständlich für ihn sein.

7 Abkürzungsverzeichnis

SAA	Sprachalarmierungsanlage
BA	Brandabschnitt
STI	Speech Transmission Index (Sprachverständlichkeit)
DirectSPL	Direktschalldruck
TotalSPL	Gesamtschalldruck
CF	Crestfaktor
T30	Nachhallzeit 30dB Abfall, Zeit interpoliert für 60dB Abfall
RT60	Nachhallzeit 60dB Abfall
dB	Einheit Schalldruck ungewichtet
V	Einheit Volt
W	Einheit Watt
EASE	Programm - Enhanced Acoustic Software for Engineers
BSK	Brandschutzkonzept
AURA	Aurlisation
3D	3 Dimensional
S/N	Signal-to-Noise Ratio (= Signal-Stör-Abstand)

8 Anhang

8.1 Variante 1 – passive Lautsprecherzeilen in einem Raster von 5m

8.1.1 Lautsprecheranordnung und eingesetzter Lautsprecher

Lautsprecheranordnung

In der Bahnsteigebene werden neben den Lautsprechern der SAA auch Lautsprecher montiert, die zur Information der Reisenden dienen. Die Variante 1 besteht aus insgesamt 42 passiven Lautsprecherzeilen. Die Hälfte davon sind zu der einen Gleiskante gewandt und die anderen Hälfte zu der gegenüber liegenden Gleiskante ausgerichtet. Sie sind an Stahlseile über die Mittelachse des Bahnsteigs in einem Raster von 5m und auf einer Höhe von 3,2m, gemessen von der Bahnsteigoberfläche bis zur Lautsprecherunterkante montiert. Der Abstand zwischen den beiden Linien beträgt 0,9m. Zusätzlich sind alle Lautsprecher, so wie in der nachfolgenden Abbildung dargestellt um 40° zur Gleiskante geneigt.

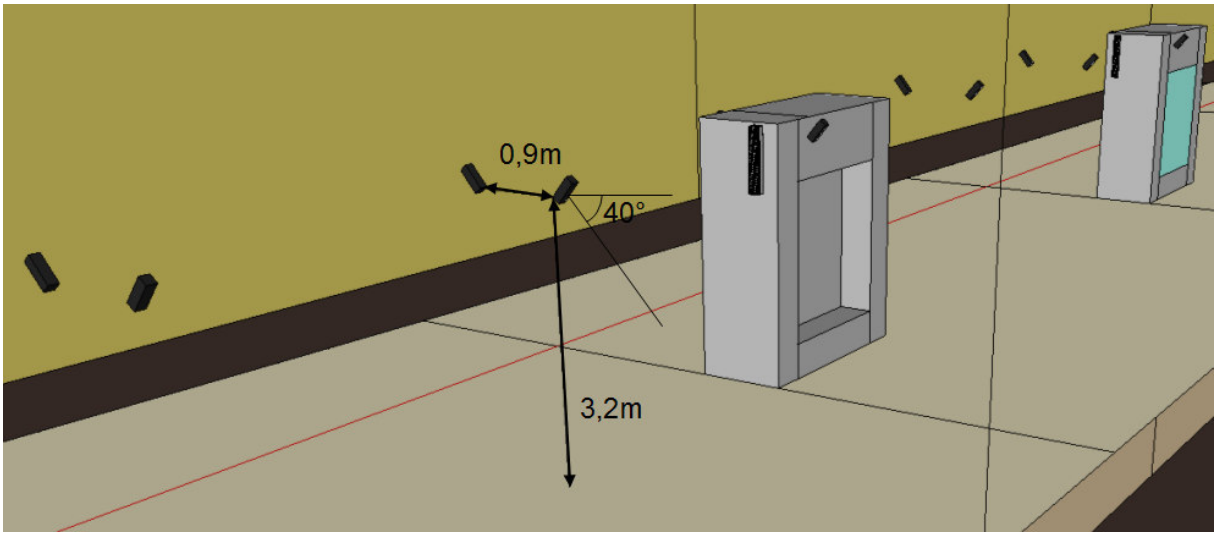


Abbildung 51: Bahnsteigebene – Anordnung der TS-C10-300/T-EN54 Lautsprecherzeilen im 3D Modell

Eingesetzter Lautsprecher

Zur Berechnung der Sprachalarmierungsanlage wird hier der Datensatz der passiven Lautsprecherzeile TS-C10-300/T-EN54 von Ic Audio mit EN54-24 Zertifizierung.

Die Lautsprecherzeile besitzt einen breiten horizontalen Abstrahlungswinkel von über 187° bei 1kHz und von 91° bei 4kHz. Der vertikale Abstrahlungswinkel wird mit steigender Frequenz kleiner bei 1kHz beträgt er 66° und bei 4kHz nur noch 32°. In Abbildung 52 ist die Abstrahlcharakteristik der TS-C10-300/T-EN54 Lautsprecher bei 1kHz dargestellt.

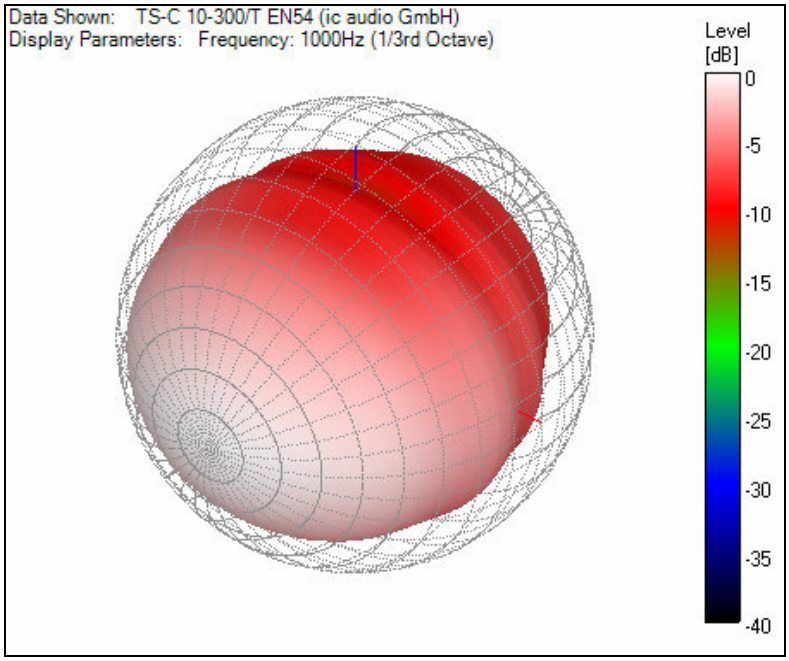


Abbildung 52: Abstrahlcharakteristik TS-C10-300/T-EN54, Balloon Oktave-Band 1 kHz

8.1.2 Installationskoordinaten und Einstellungsparameter der Lautsprecher

Zur Einordnung der Lautsprecher auf der Bahnsteigebene zeigt nachfolgende Abbildung das gewählte Koordinatensystem.

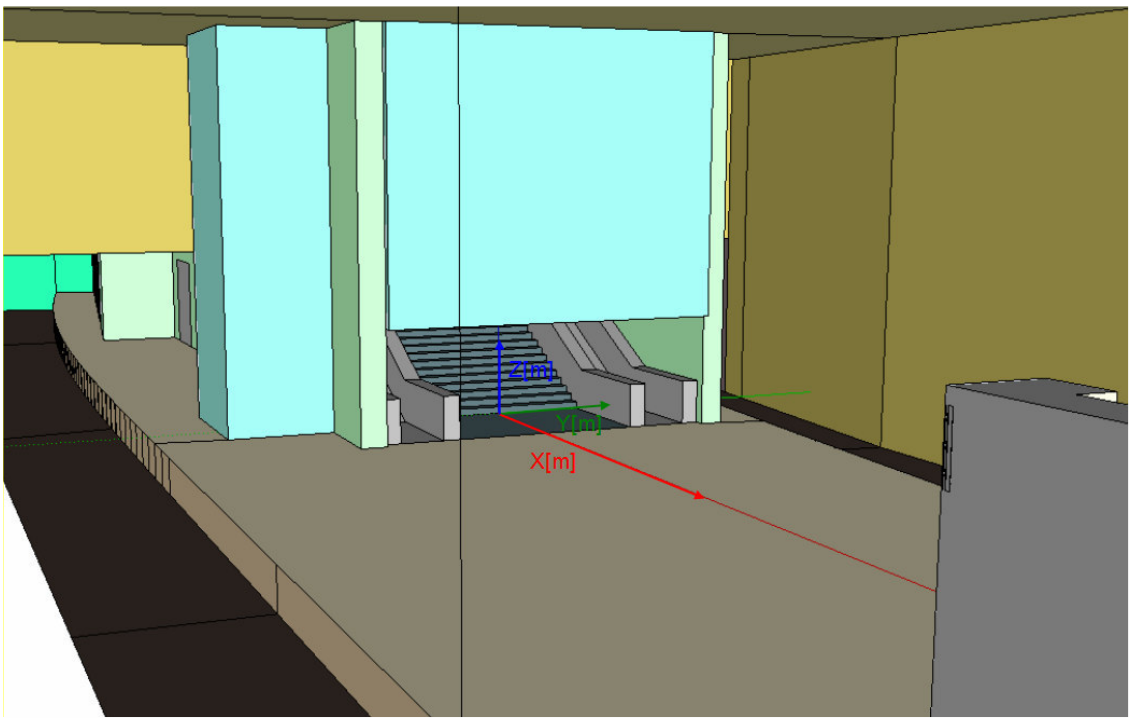


Abbildung 53: Koordinatensystem im 3D Modell der Station Güterplatz

Der Koordinatenursprung liegt in der Mitte des Treppenaufgangs zum Verteilerebene West auf Höhe des Fertigfußbodens.

Die Koordinaten der Lautsprecher sind in der nachfolgenden Tabelle eingetragen. Die Montagehöhe Z[m] wird gemessen von Oberkante Fertigfußboden bis Unterkante Lautsprecher.

LS Nummer	Typ	X[m]	Y[m]	Z[m]
An 1-Gl Süd-LS1	TS-C10-300/T-EN54	5,00	-2,70	3,20
An 1-Gl Süd-LS2	TS-C10-300/T-EN54	10,00	-2,70	3,20
An 1-Gl Süd-LS3	TS-C10-300/T-EN54	15,00	-2,70	3,20
An 1-Gl Süd-LS4	TS-C10-300/T-EN54	20,00	-2,70	3,20
An 1-Gl Süd-LS5	TS-C10-300/T-EN54	25,00	-3,90	3,20
An 1-Gl Süd-LS6	TS-C10-300/T-EN54	30,00	-3,70	3,20
An 1-Gl Süd-LS7	TS-C10-300/T-EN54	35,00	-3,70	3,20
An 1-Gl Süd-LS8	TS-C10-300/T-EN54	40,00	-3,90	3,20
An 1-Gl Süd-LS9	TS-C10-300/T-EN54	45,00	-3,70	3,20
An 1-Gl Süd-LS10	TS-C10-300/T-EN54	50,00	-3,70	3,20
An 1-Gl Süd-LS11	TS-C10-300/T-EN54	55,00	-3,90	3,20
An 1-Gl Süd-LS12	TS-C10-300/T-EN54	60,00	-3,70	3,20
An 1-Gl Süd-LS13	TS-C10-300/T-EN54	65,00	-3,70	3,20
An 1-Gl Süd-LS14	TS-C10-300/T-EN54	70,00	-3,90	3,20
An 1-Gl Süd-LS15	TS-C10-300/T-EN54	75,00	-3,70	3,20
An 1-Gl Süd-LS16	TS-C10-300/T-EN54	80,00	-3,70	3,20
An 1-Gl Süd-LS17	TS-C10-300/T-EN54	86,50	-3,90	3,20
An 1-Gl Süd-LS18	TS-C10-300/T-EN54	91,00	-3,70	3,20
An 1-Gl Süd-LS19	TS-C10-300/T-EN54	96,00	-3,70	3,20
An 1-Gl Süd-LS20	TS-C10-300/T-EN54	101,00	-3,70	3,20
An 1-Gl Süd-LS21	TS-C10-300/T-EN54	105,50	-3,70	3,20

Tabelle 7: Installationskoordinaten passive Lautsprecherzeilen TS-C10-300/T-EN54 am Gleis Süd

LS Nummer	Typ	X[m]	Y[m]	Z[m]
An 1-Gl Nord-LS1	TS-C10-300/T-EN54	5,00	-1,80	3,20
An 1-Gl Nord -LS2	TS-C10-300/T-EN54	10,00	-1,80	3,20
An 1-Gl Nord -LS3	TS-C10-300/T-EN54	15,00	-1,80	3,20
An 1-Gl Nord -LS4	TS-C10-300/T-EN54	20,00	-1,80	3,20
An 1-Gl Nord -LS5	TS-C10-300/T-EN54	25,00	-2,50	3,20
An 1-Gl Nord -LS6	TS-C10-300/T-EN54	30,00	-2,50	3,20
An 1-Gl Nord -LS7	TS-C10-300/T-EN54	35,00	-2,50	3,20
An 1-Gl Nord -LS8	TS-C10-300/T-EN54	40,00	-2,50	3,20
An 1-Gl Nord -LS9	TS-C10-300/T-EN54	45,00	-2,70	3,20
An 1-Gl Nord -LS10	TS-C10-300/T-EN54	50,00	-2,70	3,20
An 1-Gl Nord -LS11	TS-C10-300/T-EN54	55,00	-2,50	3,20
An 1-Gl Nord -LS12	TS-C10-300/T-EN54	60,00	-2,70	3,20
An 1-Gl Nord -LS13	TS-C10-300/T-EN54	65,00	-2,70	3,20
An 1-Gl Nord -LS14	TS-C10-300/T-EN54	70,00	-2,50	3,20
An 1-Gl Nord -LS15	TS-C10-300/T-EN54	75,00	-2,70	3,20
An 1-Gl Nord -LS16	TS-C10-300/T-EN54	80,00	-2,70	3,20
An 1-Gl Nord -LS17	TS-C10-300/T-EN54	86,50	-2,50	3,20
An 1-Gl Nord -LS18	TS-C10-300/T-EN54	91,00	-2,70	3,20
An 1-Gl Nord -LS19	TS-C10-300/T-EN54	96,00	-2,70	3,20
An 1-Gl Nord -LS20	TS-C10-300/T-EN54	101,00	-2,70	3,20
An 1-Gl Nord -LS21	TS-C10-300/T-EN54	105,50	-2,70	3,20

Tabelle 8: Installationskoordinaten passive Lautsprecherzeilen TS-C10-300/T-EN54 am Gleis Nord

Um die Lautstärke flexibel anpassen zu können ohne den Leistungsabgriff am Lautsprecher nachträglich ändern zu müssen, werden die TS-C10-300/T-EN54 Zeilen an der maximalen Anzapfung von 10W angeschlossen. Die Lautstärke der

Lautsprecher ist nach der Installation so einzustellen, dass der im Abschnitt 5.4.1.28.1.4.2 berechnete Gesamtschalldruck von 87dB[A] bei einem Signal mit 6dB Crestfaktor messbar ist.
Sie werden mit einer Leistungsaufnahme von 2,5 Watt bei einem Sprachsignal von 12dB Crestfaktor betrieben und besitzen somit keine Reserve.

8.1.3 Elektroakustische Berechnung – Gleisselektive, gleichzeitige Beschallung

Die nachfolgenden elektroakustischen Berechnungen sind an der Gleiskante Gleis *Süd* durchgeführt worden. Da elektroakustische Simulationsprogramme die Elektroakustik nur mit einem Anregungssignal berechnen können, haben die an beiden Gleiskanten gleichzeitig laufenden Ansagen mit dem gleichen Inhalt.
Um zu zeigen, dass die gewählte Lautsprecheranordnung die Anforderungen einer gleisselektiven und gleichzeitigen Beschallung erfüllt, werden in diesem Abschnitt folgende Beschallungsfälle betrachtet:

- Fall 1: Gleiskante *Süd* ist aktiv und die Gleiskante Nord inaktiv
- Fall 2: Gleiskanten *Süd* und *Nord* sind aktiv

In den nachfolgenden Berechnungen wird zwischen Gleiskante Süd und Gleiskante Nord des Mittelbahnsteigs unterschieden (siehe Abbildung 54). Die Zuhörerflächen an beiden Gleiskanten sind durch einen 1,5m breiten freien Korridor getrennt. Die Reisenden, die sich dort aufhalten werden gleichzeitige Ansagen an beiden Gleiskanten gleich gut verstehen.

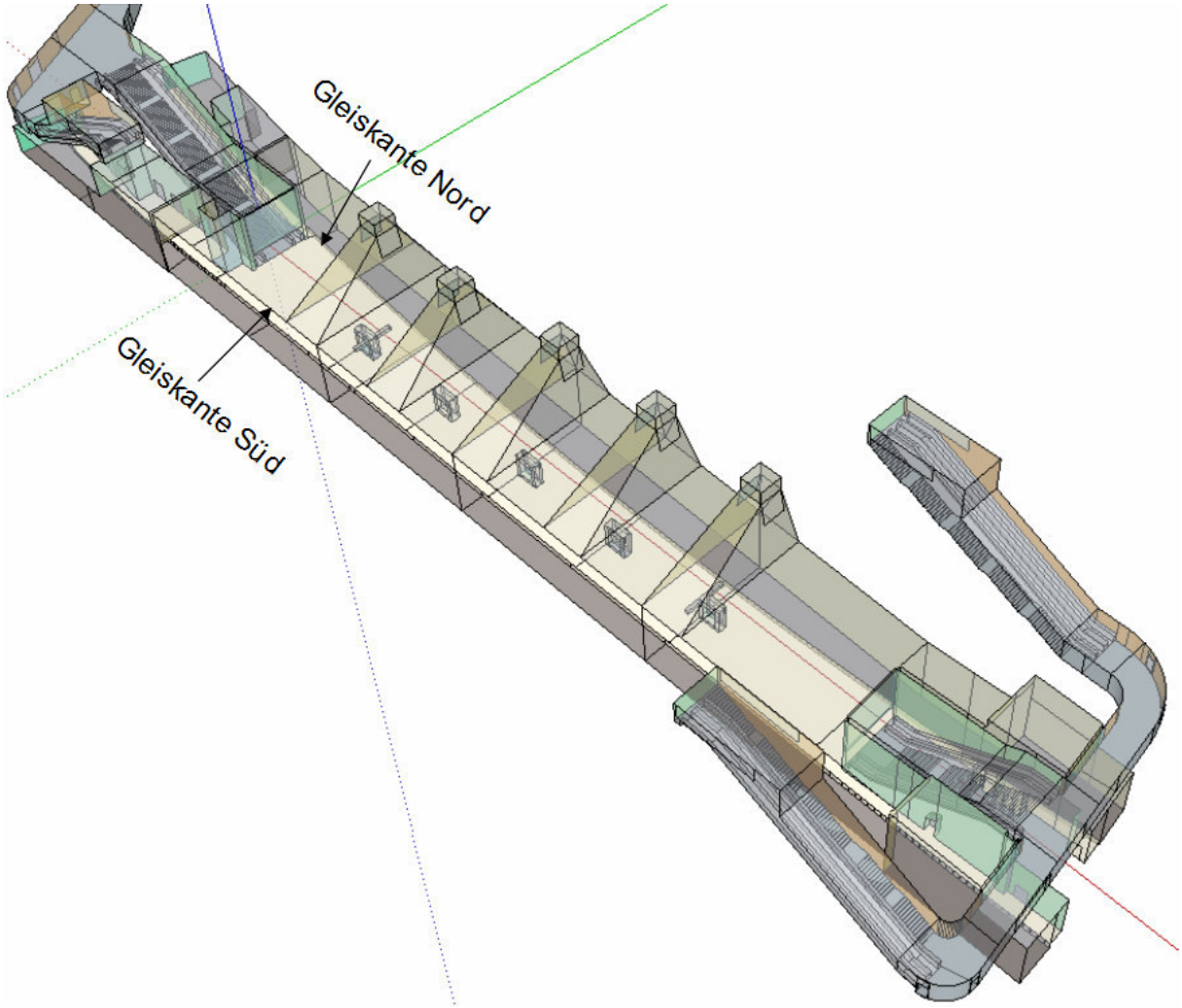


Abbildung 54: Station Güterplatz - Gleiskantenbezeichnung

Die Beweisführung der Machbarkeit kann in folgenden drei Rechenschritten durchgeführt werden:

4) Simulation der Zuhörerfläche Gleiskante *Süd* mit den Lautsprechern der Gleiskante *Süd*. Die Lautsprecher an Gleiskante *Nord* sind stumm. Als Hintergrundgeräusch wird der bahntypische Umgebungslärm von durchschnittlich 70dB[A] verwendet.

5) Die Lautsprecher an Gleiskante *Nord* sind aktiv und diese an Gleiskante *Süd* sind stumm. Simulation der Zuhörerfläche Gleiskante *Süd* mit den Lautsprechern der Gleiskante *Nord*. Mit dieser Berechnung lässt sich das Übersprechen von den aktiven Lautsprechern der Gleiskante *Nord* auf die stumme Gleiskante *Süd* abbilden. So lässt sich aufzeigen, wie viel Schalldruck von der aktiven Gleiskante auf der benachbarten Gleiskante ankommen wird und wie verständlich die Ansage der aktiven Gleiskante auf der benachbarten, inaktiven Gleiskante ist. Als Hintergrundgeräusch wird der bahntypische Umgebungslärm von durchschnittlich 70dB[A] verwendet.

6) Für die Reisenden an Gleiskante *Süd* wirkt die Beschallung der Gleiskante *Nord* als „störendes Hintergrundgeräusch“. Im zweiten Simulationsschritt wurde berechnet, welcher Schalldruck von der einen Gleiskante zur anderen übertragen wird. Der durch das Übersprechen erzeugte Schalldruck

zusammen mit dem Umgebungslärm von 70dB[A] werden nun als „neues“ Hintergrundgeräusch der Gleiskante *Süd* verwendet, um den Zustand zweier gleichzeitiger Ansagen an den beiden Gleiskanten zu simulieren. Die Reisenden an Gleiskante *Süd* werden aufgrund des Übersprechens nicht nur die Ansage seiner Gleiskante hören sondern auch die parallele Ansage der benachbarten Gleiskante. Sie wird aber sehr undeutlich sein, da sie durch die Ansage seiner Gleiskante übertönt wird. Um diesen zustand zu simulieren werden das Umgebungslärm von 70dB[A] zusammen mit dem Schalldruck, der im zweiten Simulationsschritt berechnet wurde als „Störgeräusch“ eingesetzt.

Die Sprachverständlichkeit STI wird immer unter Einberechnung des gültigen Hintergrundgeräusches dargestellt. Eine Darstellung der STI Verteilung ohne Hintergrundgeräusch ist unsinnig.

Um die nachfolgend berechnete Sprachverständlichkeitswerte zu erreichen ist ein Einspeisesignal mit einer Bandbreite von 125Hz bis 8kHz notwendig. Eine Eingrenzung der Signalbandbreite würde die Sprachverständlichkeit verschlechtern.

8.1.4 Fall1: Gleiskante Süd aktiv und Gleiskante Nord inaktiv

8.1.4.1 Sprachverständlichkeit Gleiskante Süd

Nachfolgende Berechnung zeigt die zu erwartende Sprachverständlichkeit an Gleiskante *Süd*, wenn die Lautsprecher zur Informierung der Reisenden an der Gleiskante *Süd* aktiv und diese an der Gleiskante *Nord* inaktiv sind.

Hintergrundgeräusch: 70dB[A] bahntypisch (Reisenden, Zugbetrieb)

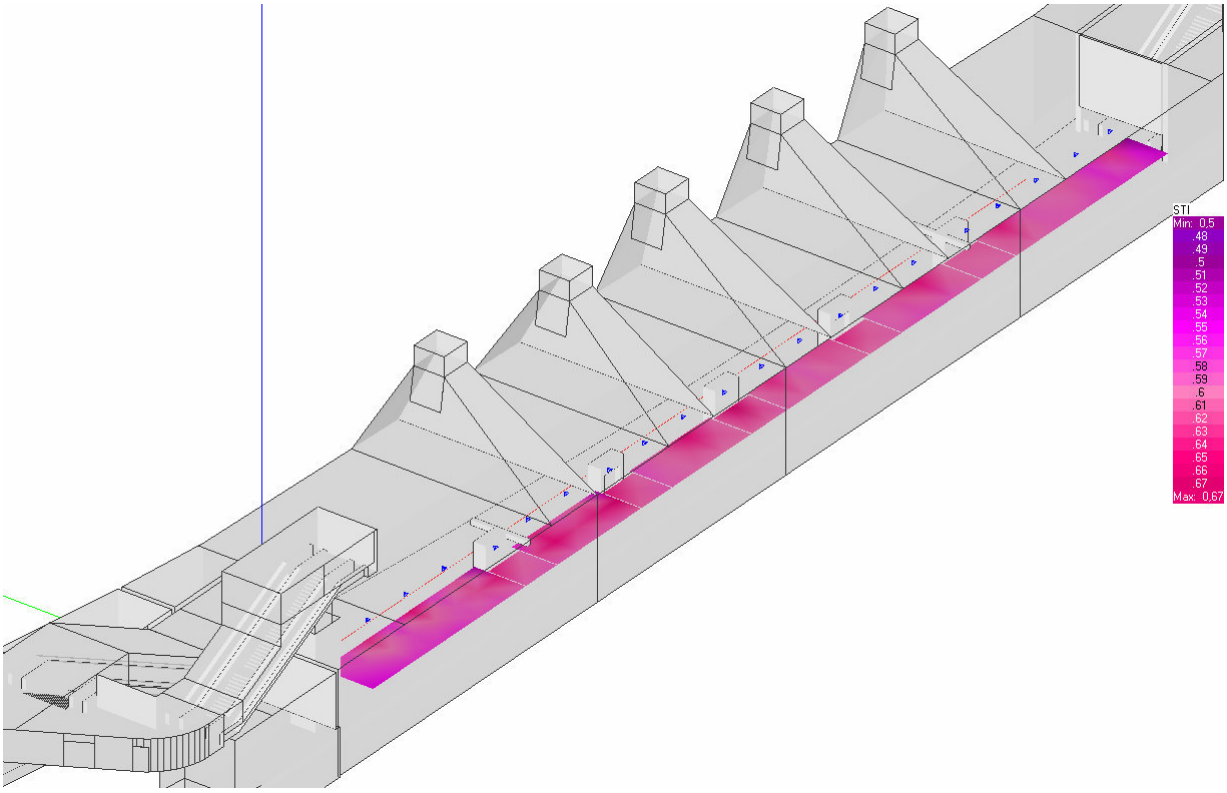


Abbildung 55: Variante 1 - Gleiskante Süd aktiv - 3D STI Verteilung an Gleiskante Süd, 70dB[A] Hintergrund

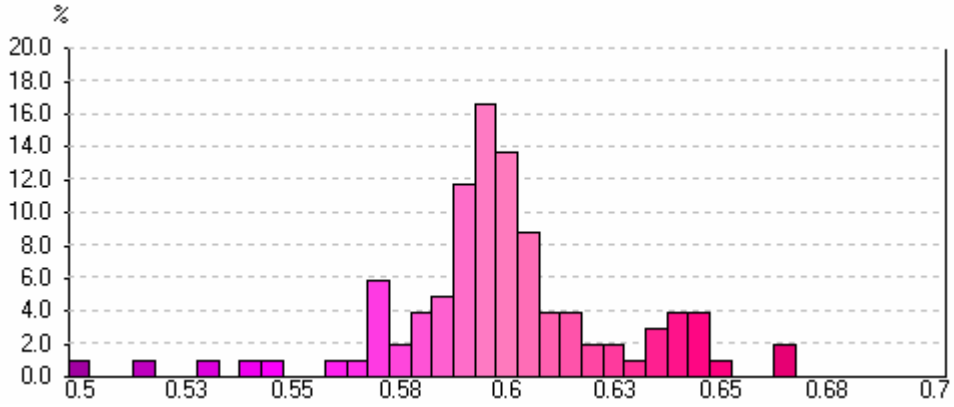


Abbildung 56: Variante 1 - Gleiskante Süd aktiv - STI Histogramm Gleiskante Süd, 70dB[A] Hintergrund

Die aktive Gleiskante *Süd* erzielt an der Zuhörerfläche Gleiskante *Süd* Sprachverständlichkeitswerte von gemittelt 0,6 STI und wird von den Reisenden an Gleiskante *Süd* sehr gut zu verstehen sein.

8.1.4.2 Gesamtschalldruck Gleiskante Süd

Nachfolgende Berechnung zeigt den zu erwartenden Gesamtschalldruck an der Gleiskante *Süd*, wenn die Lautsprecher der Gleiskante *Süd* aktiv und diese der Gleiskante *Nord* inaktiv sind.

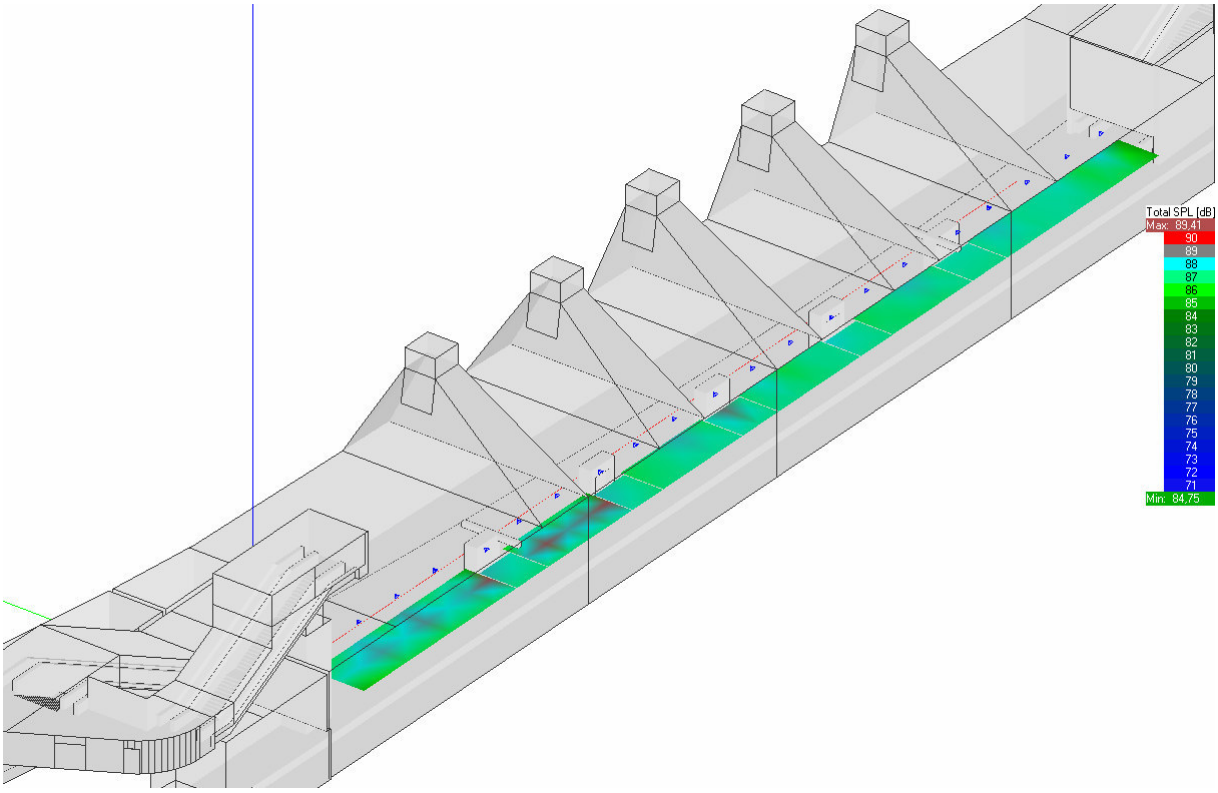


Abbildung 57: Variante 1 - Gleiskante Süd aktiv - TotalSPL 3D Verteilung, Gleiskante Süd

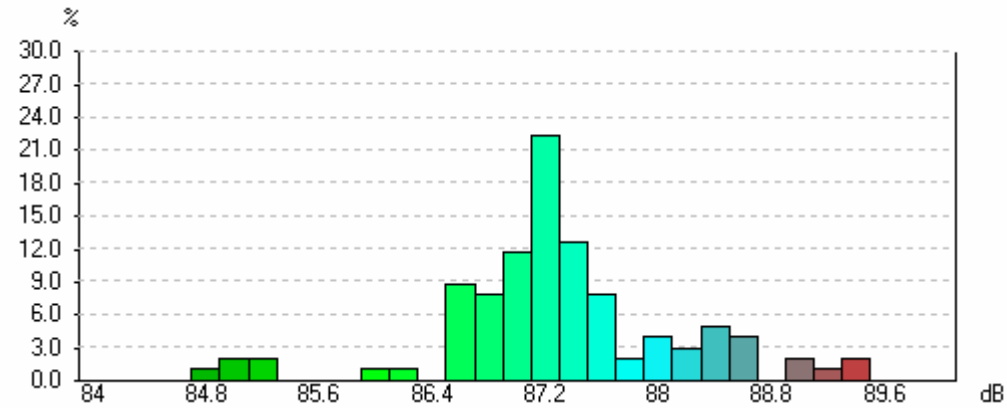


Abbildung 58: Variante 1 - Gleiskante Süd aktiv - TotalSPL Histogramm, Gleiskante Süd

Die aktive Gleiskante *Süd* erzeugt in der Zuhörerfläche Gleiskante *Süd* einen Gesamtschalldruck von gemittelt 87dB[A].

Achtung:
Der erzielbare Gesamtschalldruck ändert sich in Abhängigkeit vom Messsignal:

Rosa Rauschen, 6dB Crestfaktor	87dB[A]
STIPa Rauschen, 9dB Crestfaktor	84dB[A]
Sprache bei Alarmierung ohne Kompressor, ca. 12dB Crestfaktor	81dB[A]

8.1.4.3 Sprachverständlichkeit (durch Übersprechen) auf der benachbarten Gleiskante Nord

Nachfolgende Berechnung zeigt die zu erwartende Sprachverständlichkeit an Gleiskante *Nord*, wenn die Lautsprecher der Gleiskante *Süd* aktiv sind.

Hintergrundgeräusch: 70dB[A] bahntypisch (Reisenden, Zugbetrieb)

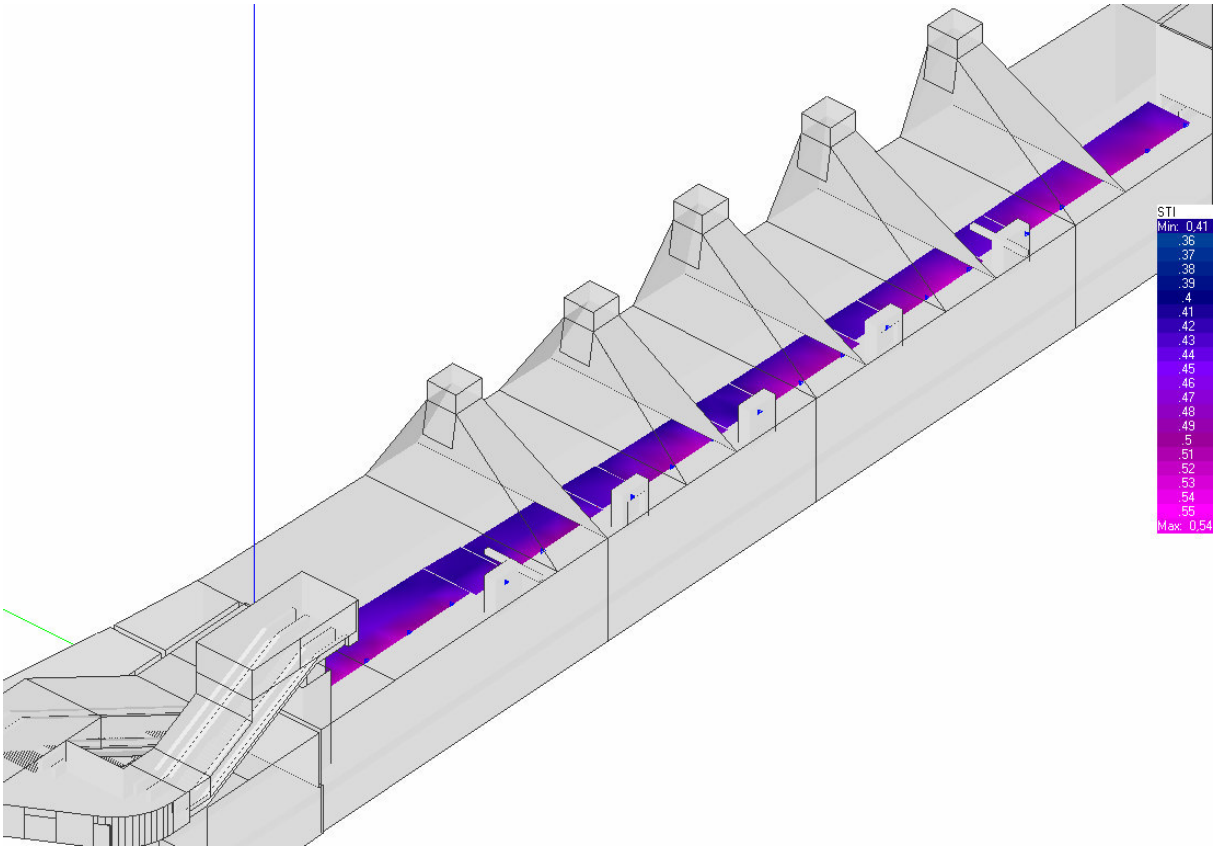


Abbildung 59: Variante 1 - Gleiskante Süd aktiv - STI 3D Verteilung an Gleiskante Nord, 70dB[A] Hintergrund

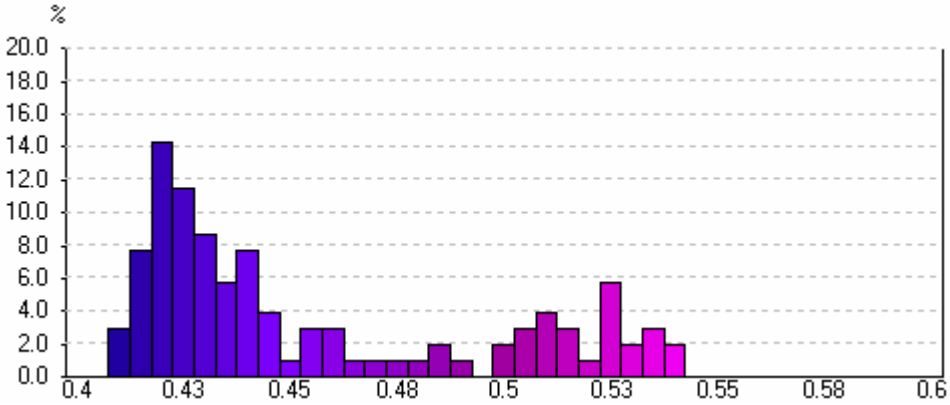


Abbildung 60: Variante 1 - Gleiskante Süd aktiv - STI Histogramm Gleiskante Nord, 70dB[A] Hintergrund

Die Reisenden an der benachbarten Gleiskante *Nord* verstehen die Ansage der Gleiskante *Süd* mit gemittelt STI= 0,46 immer noch ausreichend aber wesentlich schlechter als die Ansage der eigenen Gleiskante, was auch erwünscht ist. Im Übergangsbereich zwischen Gleiskante *Süd* und *Nord* wird ein deutlicher Qualitätsunterschied zu hören sein. In dieser Betrachtung ist die Beschallung an der Gleiskante *Nord* inaktiv. Der Sprachverständlichkeitsunterschied von der einen zur anderen Gleiskante beträgt somit 0,14 STI.

8.1.4.4 Gesamtschalldruck (Übersprechen) auf der benachbarten Gleiskante Nord

Nachfolgende Abbildung verdeutlicht das Übersprechen der Lautsprecher von Gleiskante *Süd* auf die unbeschallte Gleiskante *Nord*.

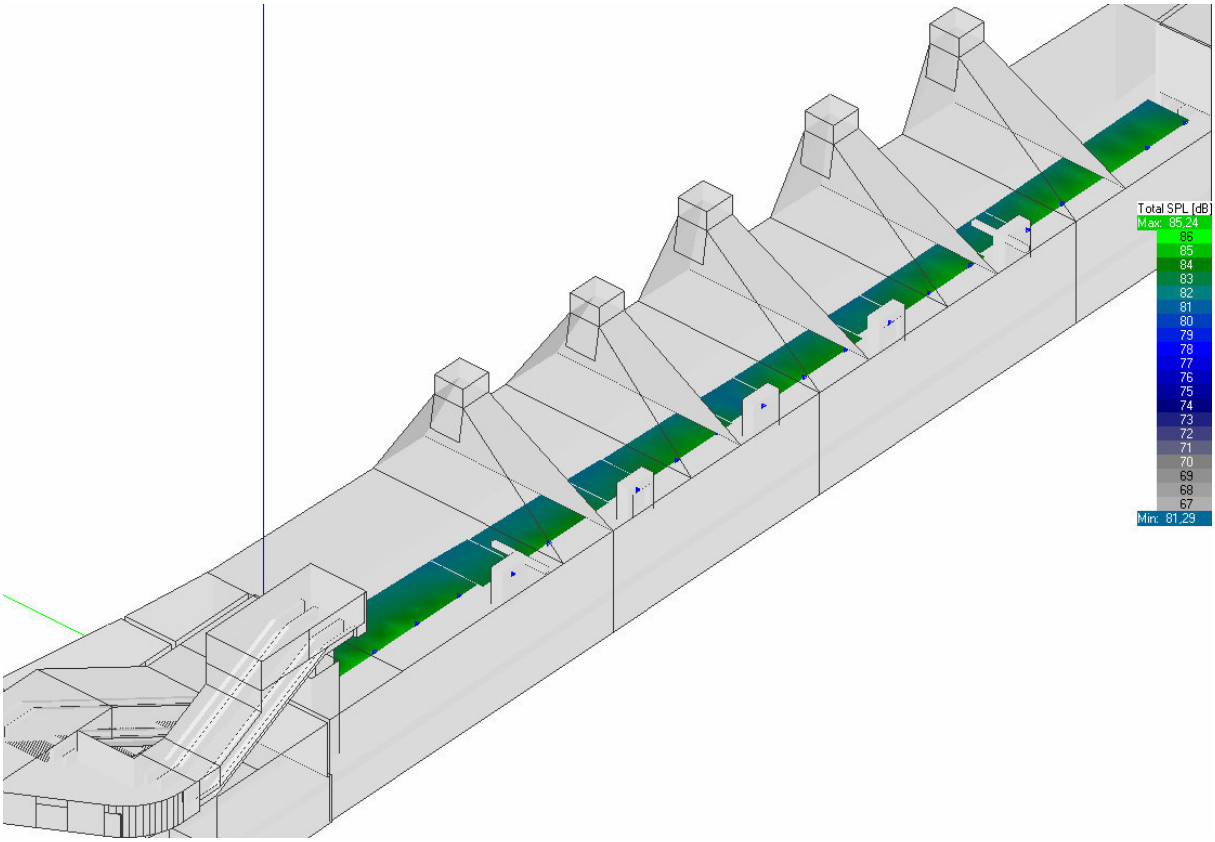


Abbildung 61: Variante 1 - Gleiskante Süd aktiv - TotalSPL 3D Verteilung Gleiskante Nord

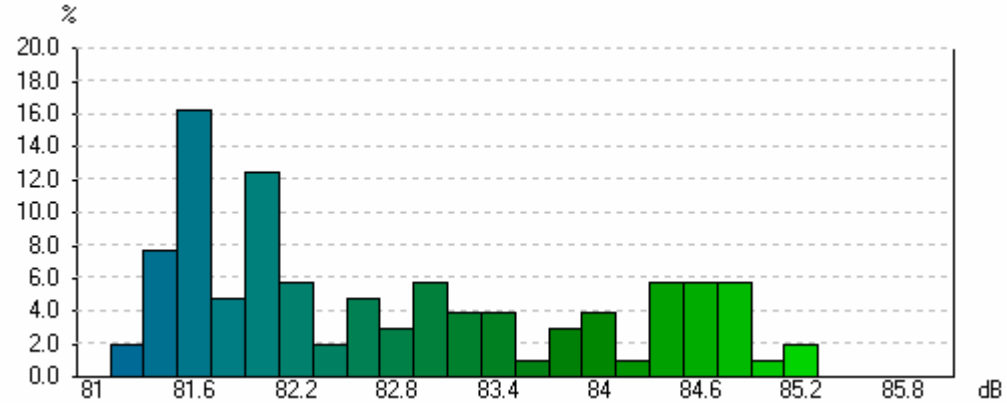


Abbildung 62: Variante 1 - Gleiskante Süd aktiv - TotalSPL Histogramm Gleiskante Nord

Durch das akustische Übersprechen wird an der Zuhörerfläche von Gleiskante *Nord* ein Gesamtschalldruck von gemittelt 83dB[A] erzeugt. Allein durch die entgegengesetzte Anordnung der Lautsprecher entlang der Säulenreihe wird das Schallfeld an der inaktiven Gleiskante *Nord* um 4dB geringer sein als an der aktiven Gleiskante *Süd*. Am Übergangsbereich zwischen Gleiskante *Süd* und *Nord* wird bereits ein Pegelunterschied zu hören sein, der allein durch das geschickte Positionieren der Lautsprecher erzielt werden kann. In dieser Betrachtung ist keine Beschallung an der Gleiskante *Nord*.

8.1.4.5 Zusammenfassung Fall 1: Gleiskante Süd aktiv, Gleiskante Nord inaktiv

Die Lautsprecher einer Gleiskante erzeugen bei einer Sprachdurchsage einen Schalldruck von 87dB[A] an der eigenen Gleiskante und einen Schalldruck von 83dB[A] an der benachbarten Gleiskante. Die Schalldruckdifferenz beträgt 4dB.
Bei der selektiven Beschallung von einer der Gleiskanten des Mittelbahnsteigs wird die Durchsage an der aktiven Gleiskante mit einer minimalen Sprachverständlichkeit STI von 0,6 gut verstanden und an der benachbarten Gleiskante mit einer minimalen Sprachverständlichkeit STI von 0,46 ebenso verstanden aber viel schlechter.

8.1.5 Fall 2: gleichzeitige Beschallung der Gleiskanten Süd und Nord

8.1.5.1 Sprachverständlichkeit der Ansage der Gleiskante Süd an der Zuhörerfläche Gleiskante Süd

Wie unter Simulationsschritt 2 berechnet ist die Ansage einer aktiven Gleiskante an der benachbarten Gleiskante mit 83dB[A] zu hören. Dieser Schalldruck ist zusätzlich zum bahntypischen Hintergrundgeräusch dazu zu zählen.
Somit ist das Hintergrundgeräusch einer gleichzeitigen Beschallung mit gleichem Audioinhalt gleich dem Summenschalldruckpegel aus bahntypischen Hintergrundgeräusch (70dB[A]) und dem gedämpftem Schalldruckpegel der Ansage (Sprachsignal) einer aktiven und benachbarten Gleiskante (83dB[A]) und ergibt ein neues Hintergrundgeräusch von 82,9dB[A].

Die Verteilung der Sprachverständlichkeit der Ansage an Gleiskante *Süd*, gestört durch die Ansage an Gleiskante *Nord*, ist in nachfolgender Abbildung gezeigt.

Hintergrundgeräusch: 82,9dB[A] erzeugt durch die Ansagen der Gleiskante *Nord* zusammen mit dem bahntypischen Hintergrundgeräusch

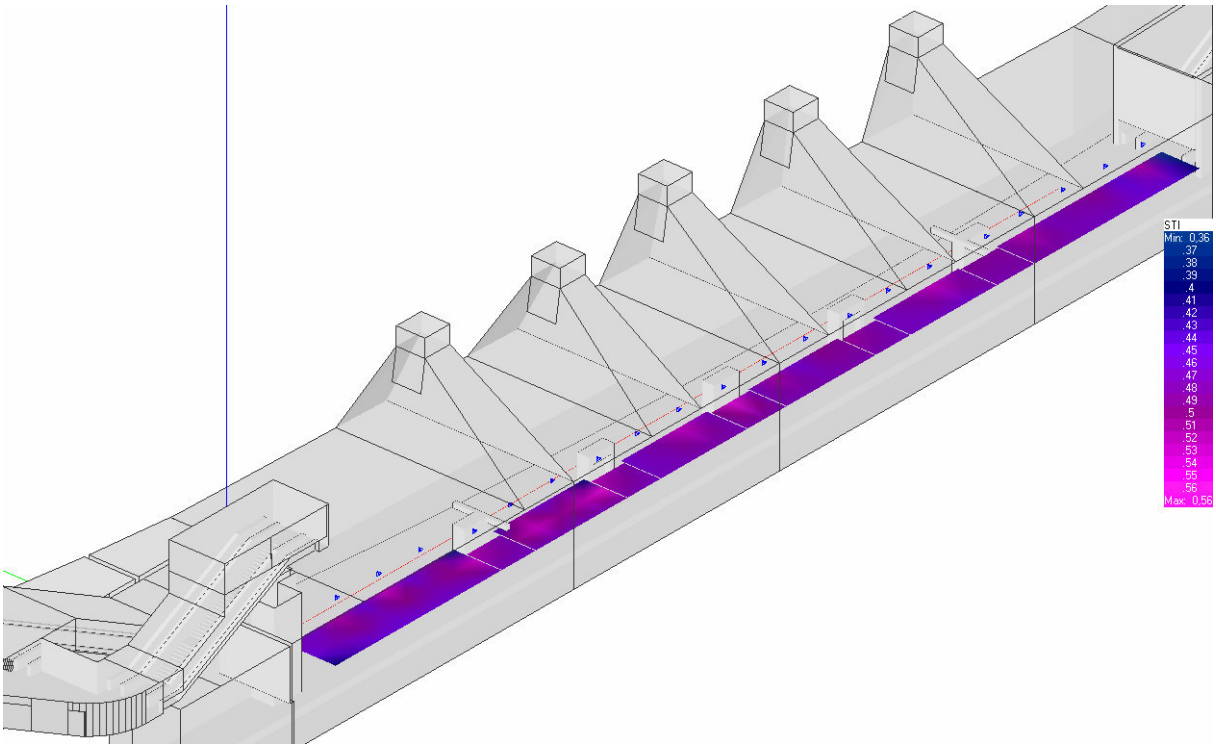


Abbildung 63: Variante 1 - Gleiskanten Süd und Nord aktiv - STI 3D Verteilung Ansage Gleiskante Süd, 82,9dB[A] Hintergrund

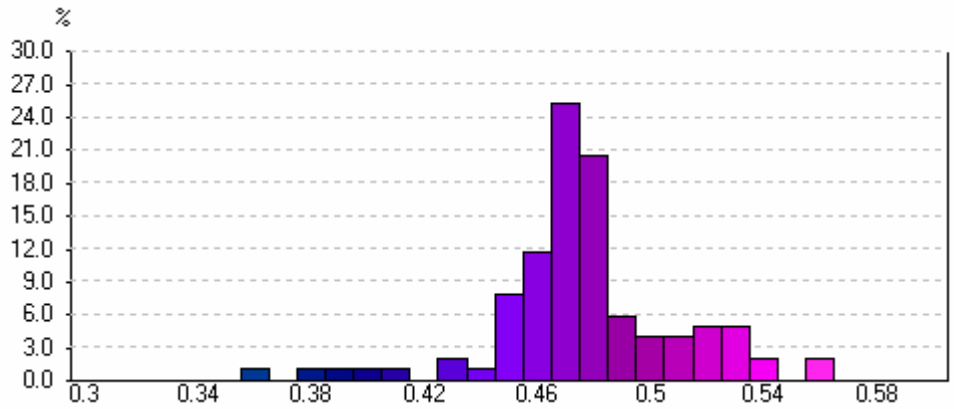


Abbildung 64: Variante 1 - Gleiskanten Süd und Nord aktiv - STI Histogramm Ansage Gleiskante Süd, 82,9dB[A] Hintergrund

Der geringere Signal-Stör-Abstand von 4dB (87dB[A]-83dB[A]) an der aktiven Gleiskante Gleis *Süd* bei einer gleichzeitigen Ansage an Gleiskante Gleis *Nord* führt zu einer Verschlechterung der Sprachverständlichkeit von 0,6STI (ohne gleichzeitige Ansage) auf 0,48STI.

8.1.5.2 Sprachverständlichkeit der Ansage der Gleiskante Nord an der Zuhörerfläche Gleiskante Süd

Die Zuhörerfläche an Gleiskante *Süd* bildet hierbei nicht die STI-Werte der Ansage an Gleiskante *Süd* ab, sondern zeigt die zu erwartenden Sprachverständlichkeitswerte der Ansage der Gleiskante *Nord* auf der Zuhörerfläche Gleiskante *Süd* (siehe Abbildung 65) bei gleichzeitiger Beschallung beider Gleiskanten.
In diesem Fall ist das Störgeräusch gleich der logarithmischen Summe des bahntypischen Hintergrundgeräuschs 70dB[A] mit dem im Abschnitt 5.4.1.28.1.4.2 berechneten Gesamtschalldruck von 87dB[A], erzeugt durch die Ansage der Gleiskante *Süd* an der Zuhörerfläche der Gleiskante *Süd* zu setzen.

Hintergrundgeräusch: Süd	87,3dB[A] erzeugt durch Ansagen der Gleiskante und bahntypischen Hintergrundgeräusch

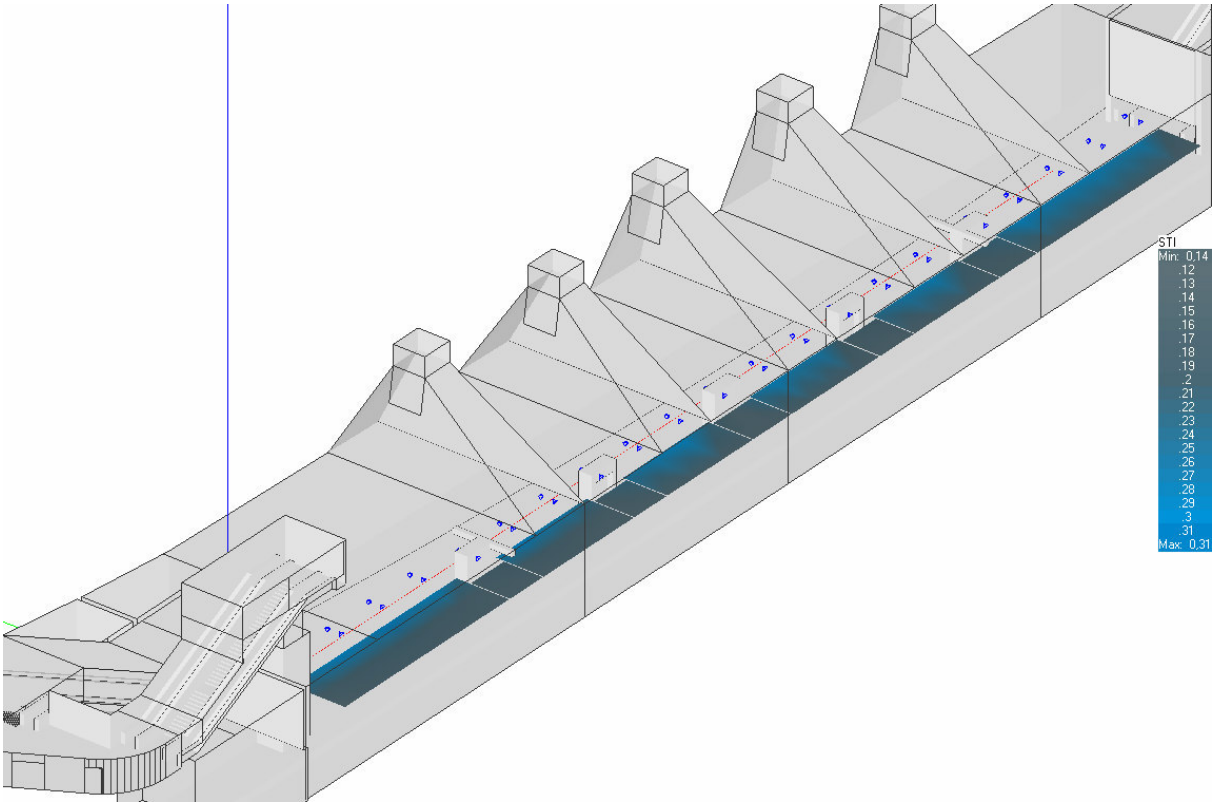


Abbildung 65: Variante 1 - Gleiskanten Süd und Nord aktiv - STI 3D Verteilung Ansage Gleiskante Nord auf Gleiskante Süd, 87,3dB[A] Hintergrund

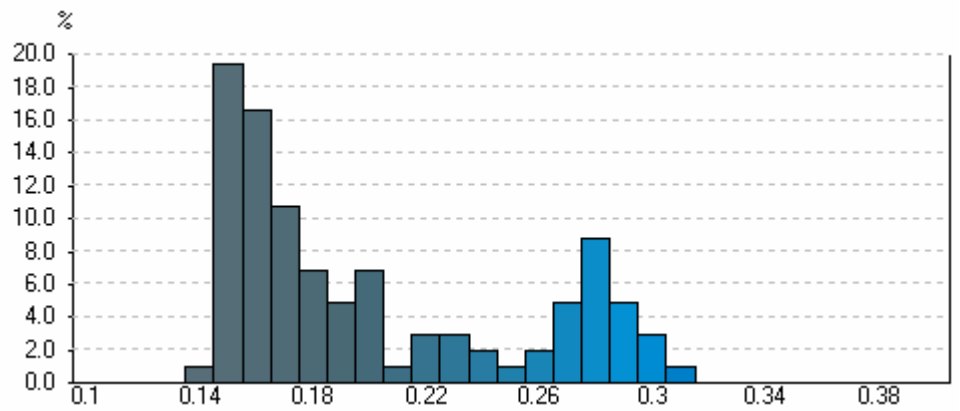


Abbildung 66: Variante 1 - Gleiskanten Süd und Nord aktiv - STI Histogramm Ansage Gleiskante Nord auf Gleiskante Süd, 87,3dB[A] Hintergrund

Bei zwei gleichzeitigen Ansagen an Gleiskante Süd sowie Gleiskante Nord wird die Ansage von Gleiskante Nord an der Gleiskante Süd nicht mehr zu verstehen sein, da die Ansage von Gleiskante Gleis Nord an Gleiskante Süd eine Sprachverständlichkeit von 0,2 STI erzeugt.

8.1.5.3 Zusammenfassung Fall 2: gleichzeitige Beschallung Gleiskanten Süd und Nord

Das bedeutet: bei gleichzeitiger Beschallung beider Gleiskanten wird der Reisende die Durchsagen seiner Gleiskante mit 0,48 STI ausreichend verstehen. Die parallele Durchsage der Nachbargleiskante wird mit nur noch 0,2 STI unverständlich für ihn sein.

9 Variante 2 – passive horizontale Zeilenlautsprecherzeilen in einem Raster von 11-15m

9.1 Lautsprecheranordnung und eingesetzter Lautsprecher

Lautsprecheranordnung

Die Variante 2 besteht aus insgesamt 16 horizontalen passiven Lautsprecherzeilen. Die Hälfte davon ist über der einen Gleiskante aufgehängt und die andere Hälfte über der gegenüber liegenden Gleiskante montiert. Sie sind an Stahlseile von der Decke auf einer Höhe von 8,2m, gemessen von der Bahnsteigoberfläche bis zur Lautsprecherunterkante abgehängt und befinden sich auf der Höhe der Beleuchtungskonstruktion. Der Abstand zwischen den einzelnen Lautsprecher beträgt zwischen 11-15m und ist so gewählt worden, dass sie an die Beleuchtungskonstruktion anknüpfen. In der folgenden Abbildung ist die Anordnung der Lautsprecher abgebildet.

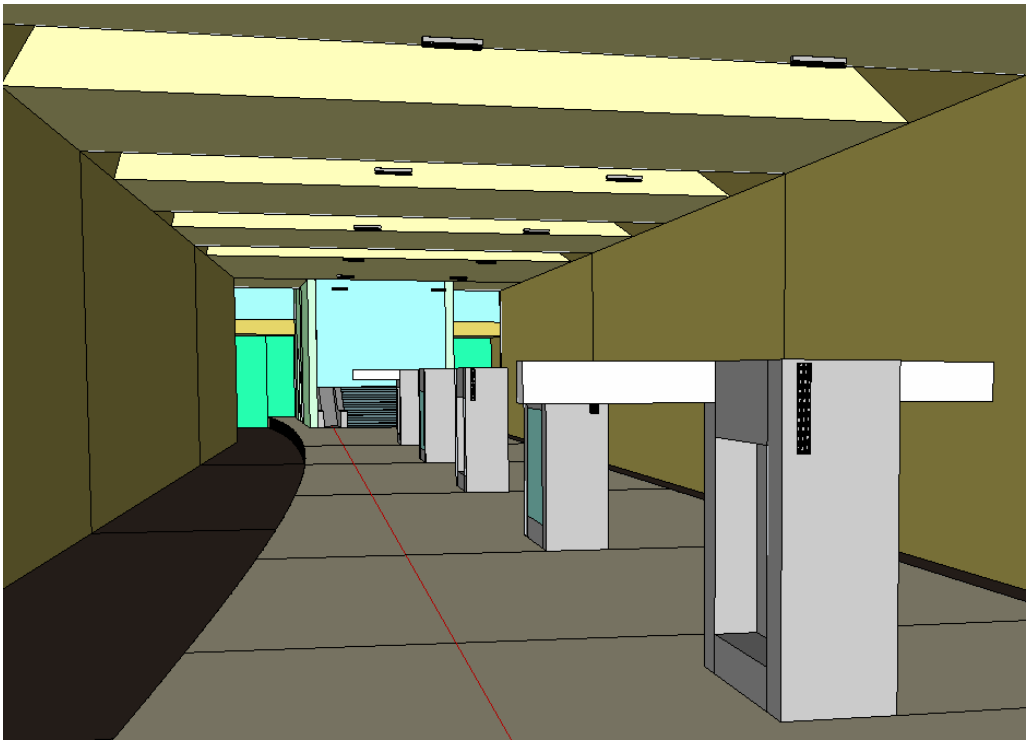


Abbildung 67: Bahnsteigebene – Anordnung der horizontalen Intellivox H90 Lautsprecherzeilen im 3D Modell

Eingesetzter Lautsprecher

Zur Berechnung der Sprachalarmierungsanlage wird hier der Datensatz der passiven Lautsprecherzeile Intellivox H90 von JBL Professional/ Duran Audio mit EN54-24 Zertifizierung eingesetzt.
Die Lautsprecherzeile Intellivox H90 besitzt einen breiten vertikalen Abstrahlungswinkel von über 198° bei 1kHz und von 88° bei 4kHz. Der horizontale Abstrahlungswinkel wird mit steigender Frequenz kleine. Bei 1kHz beträgt er 66° und bei 4kHz nur noch 27°. In Abbildung 68 ist die Abstrahlcharakteristik der H90 Lautsprecher bei 1kHz dargestellt.

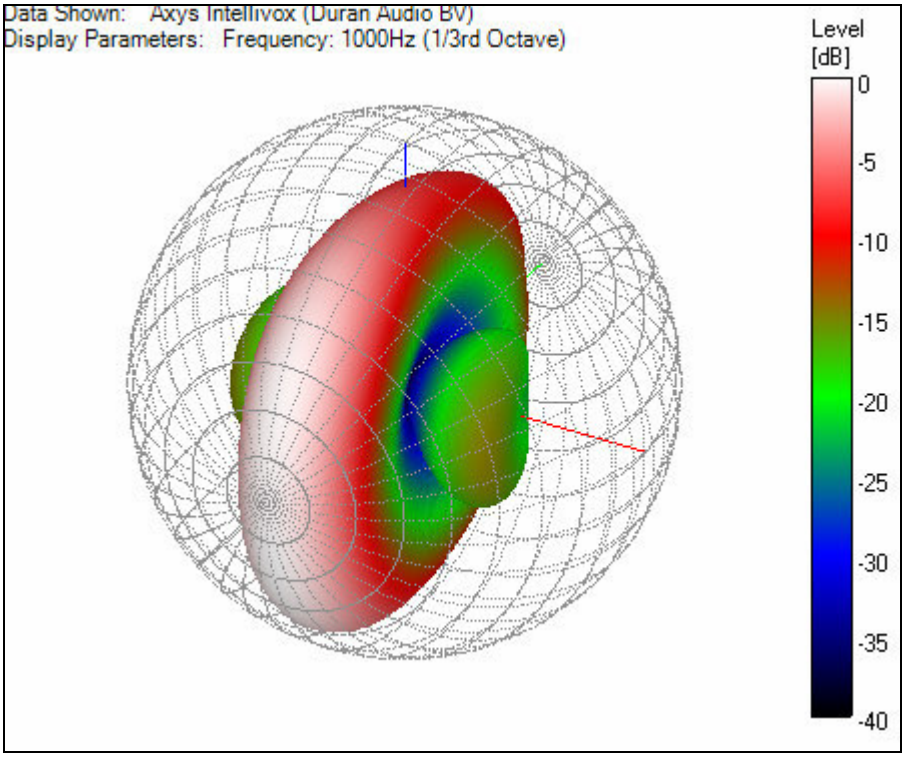


Abbildung 68: Abstrahlcharakteristik Intellivox H90, Balloon Oktave-Band 1 kHz

9.2 Installationskoordinaten und Einstellungsparameter der Lautsprecher

Zur Einordnung der Lautsprecher auf der Bahnsteigebene das Koordinatensystem so wie in der Abbildung 10 bereits gezeigt gewählt.

Der Koordinatenursprung liegt in der Mitte des Treppenaufgangs zum Verteilerebene West auf Höhe des Fertigfußbodens.

Die Koordinaten der Lautsprecher sind in der nachfolgenden Tabelle eingetragen. Die Montagehöhe Z[m] wird gemessen von Oberkante Fertigfußboden bis Unterkante Lautsprecher.

LS Nummer	Typ	X[m]	Y[m]	Z[m]
An 2-Gl Süd-LS1	Intellivox ADC-H90	9,20	-6,00	8,20
An 2-Gl Süd-LS2	Intellivox ADC-H90	20,00	-6,00	8,20
An 2-Gl Süd-LS3	Intellivox ADC-H90	33,20	-6,00	8,20
An 2-Gl Süd-LS4	Intellivox ADC-H90	48,20	-6,00	8,20
An 2-Gl Süd-LS5	Intellivox ADC-H90	63,20	-6,00	8,20
An 2-Gl Süd-LS6	Intellivox ADC-H90	78,20	-6,00	8,20
An 2-Gl Süd-LS7	Intellivox ADC-H90	90,50	-6,00	8,20
An 2-Gl Süd-LS8	Intellivox ADC-H90	102,40	-6,00	8,20

Tabelle 9: Installationskoordinaten passive Lautsprecherzeilen Intellivox H90, Gleiskante Süd

LS Nummer	Typ	X[m]	Y[m]	Z[m]
An 2-Gl Nord -LS1	Intellivox ADC-H90	9,20	1,50	8,20
An 2-Gl Nord -LS2	Intellivox ADC-H90	20,00	1,00	8,20
An 2-Gl Nord -LS3	Intellivox ADC-H90	33,20	0,50	8,20

LS Nummer	Typ	X[m]	Y[m]	Z[m]
An 2-Gl Nord -LS4	Intellivox ADC-H90	48,20	0,30	8,20
An 2-Gl Nord -LS5	Intellivox ADC-H90	63,20	0,00	8,20
An 2-Gl Nord -LS6	Intellivox ADC-H90	78,20	0,00	8,20
An 2-Gl Nord -LS7	Intellivox ADC-H90	90,50	0,00	8,20
An 2-Gl Nord -LS8	Intellivox ADC-H90	102,40	0,10	8,20

Tabelle 10: Installationskoordinaten passive Lautsprecherzeilen Intellivox H90, Gleiskante Nord

Um die Lautstärke flexibel anpassen zu können ohne den Leistungsabgriff am Lautsprecher nachträglich ändern zu müssen, werden die Intellivox H90 Zeilen an der maximalen Anzapfung von 100W angeschlossen. Die Lautstärke der Lautsprecher ist nach der Installation so einzustellen, dass der im Abschnitt 6.3.1.29.3.1.2 berechnete Gesamtschalldruck von 89dB[A] bei einem Signal mit 6dB Crestfaktor messbar ist. Der Schallleistungspegel jedes einzelnen Lautsprechers relativ zum Maximalpegel einer noch unbekannten Zentraltechnik beträgt -12dB und wird hier angegeben, um die Einstellungen an der Zentraltechnik einfacher vornehmen zu können.

9.3 Elektroakustische Berechnung – Gleisselektive, gleichzeitige Beschallung

Die nachfolgenden elektroakustischen Berechnungen der gleisselektiven, gleichzeitigen Beschalung mit der Variante 2 ist nach der bereits unter 5.4 beschriebenen Methode durchgeführt worden.

9.3.1 Fall1: Gleiskante Süd aktiv und Gleiskante Nord inaktiv

9.3.1.1 Sprachverständlichkeit Gleiskante Süd

Nachfolgende Berechnung zeigt die zu erwartende Sprachverständlichkeit an Gleiskante *Süd*, wenn die Lautsprecher zur Informierung der Reisenden an der Gleiskante *Süd* aktiv und diese an der Gleiskante *Nord* inaktiv sind.

Hintergrundgeräusch: 70dB[A] bahntypisch (Reisenden, Zugbetrieb)

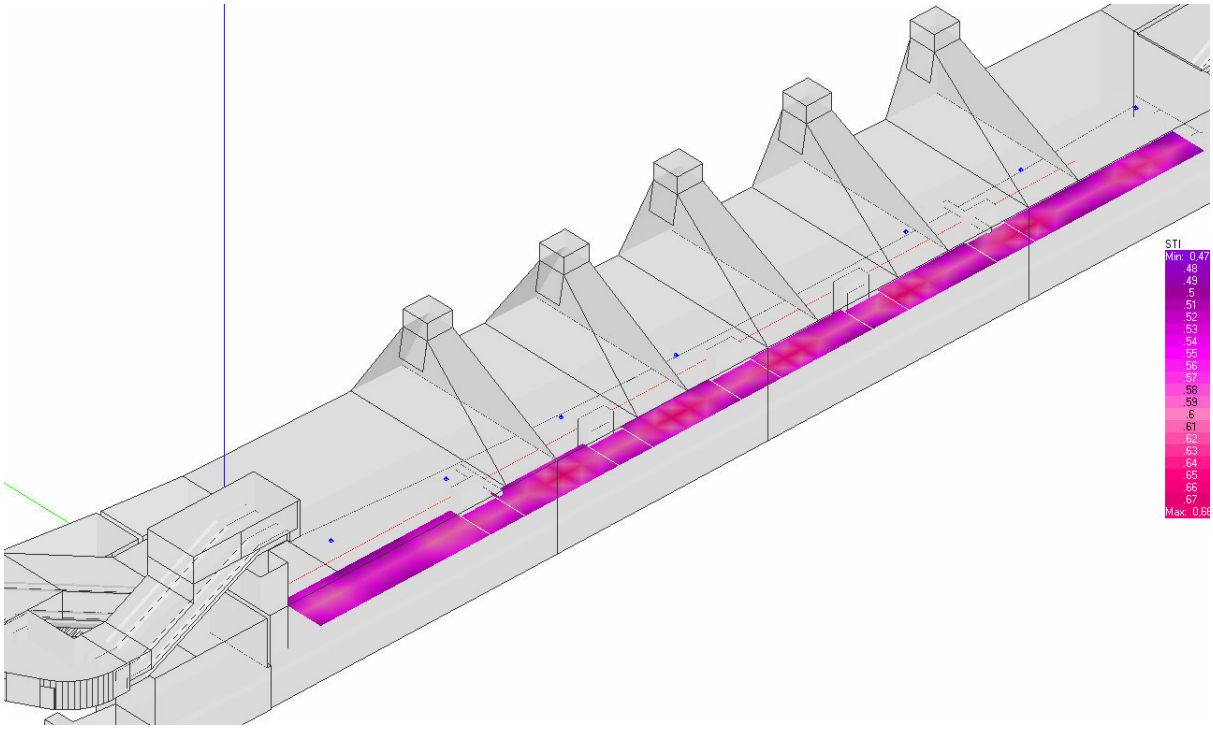


Abbildung 69: Variante 2 - Gleiskante Süd aktiv - 3D STI Verteilung an Gleiskante Süd, 70dB[A] Hintergrund

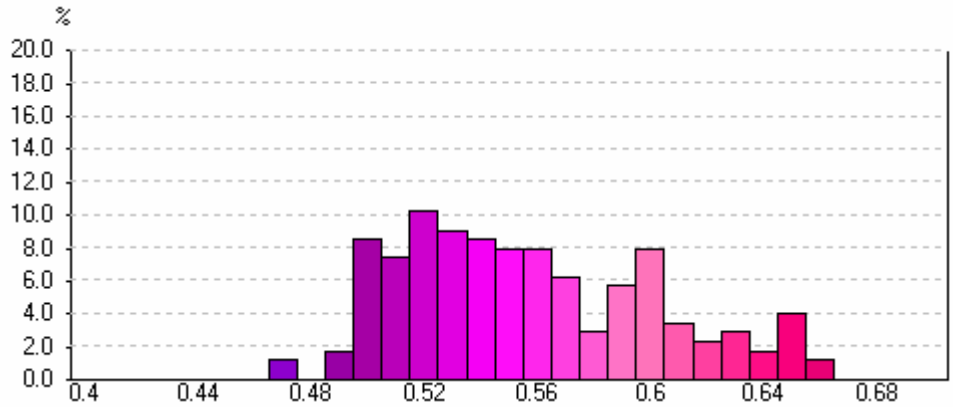


Abbildung 70: Variante 2 - Gleiskante Süd aktiv - STI Histogramm Gleiskante Süd, 70dB[A] Hintergrund

Die aktive Gleiskante *Süd* erzielt an der Zuhörerfläche Gleiskante *Süd* Sprachverständlichkeitswerte von gemittelt 0,56 STI und wird von den Reisenden an Gleiskante *Süd* sehr gut zu verstehen sein.

9.3.1.2 Gesamtschalldruck Gleiskante Süd

Nachfolgende Berechnung zeigt den zu erwartenden Gesamtschalldruck an der Gleiskante *Süd*, wenn die Lautsprecher der Gleiskante *Süd* aktiv und diese der Gleiskante *Nord* inaktiv sind.

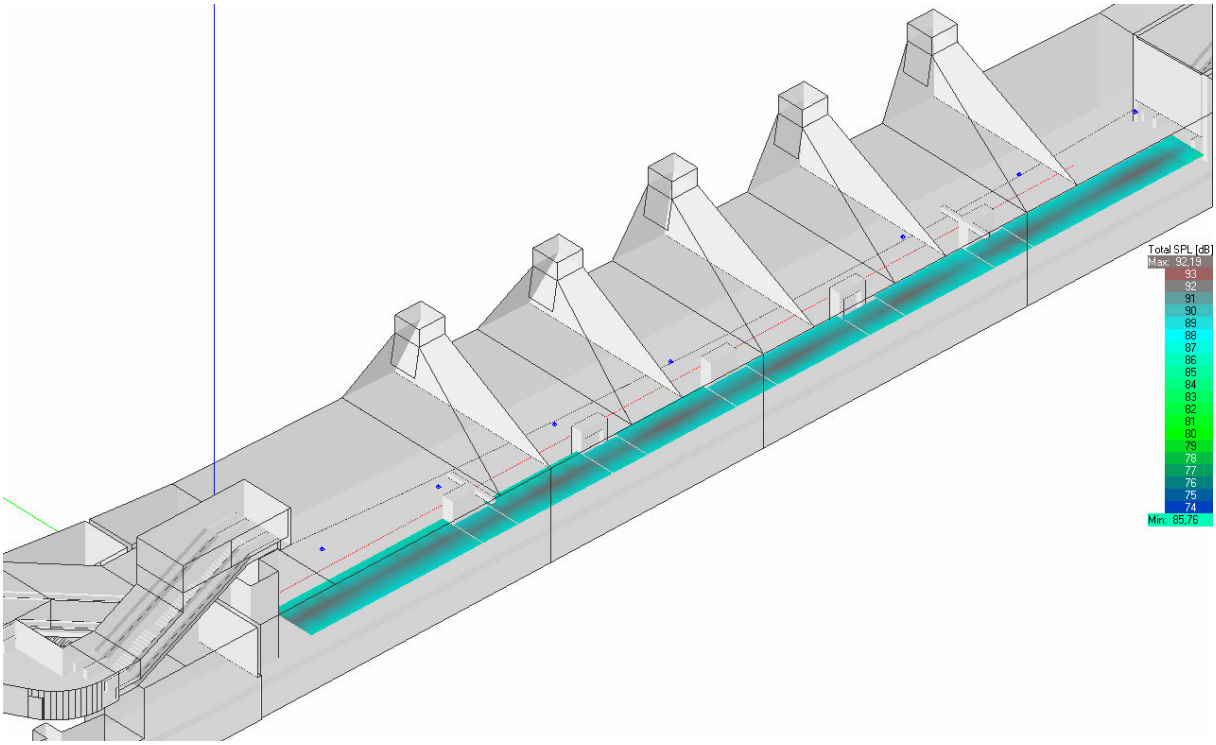


Abbildung 71: Variante 2 - Gleiskante Süd aktiv - TotalSPL 3D Verteilung, Gleiskante Süd

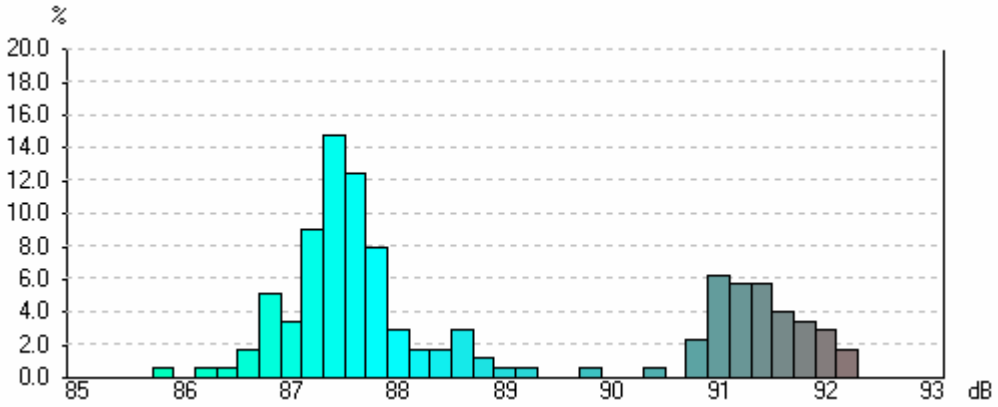


Abbildung 72: Variante 2 - Gleiskante Süd aktiv - TotalSPL Histogramm, Gleiskante Süd

Die aktive Gleiskante *Süd* erzeugt in der Zuhörerfläche Gleiskante *Süd* einen Gesamtschalldruck von gemittelt 89dB[A].

Achtung:
Der erzielbare Gesamtschalldruck ändert sich in Abhängigkeit vom Messsignal:

Rosa Rauschen, 6dB Crestfaktor	89dB[A]
STIPa Rauschen, 9dB Crestfaktor	86dB[A]
Sprache bei Alarmierung ohne Kompressor, ca. 12dB Crestfaktor	83dB[A]

9.3.1.3 Sprachverständlichkeit (durch Übersprechen) auf der benachbarten Gleiskante Nord

Nachfolgende Berechnung zeigt die zu erwartende Sprachverständlichkeit an Gleiskante *Nord*, wenn die Lautsprecher der Gleiskante *Süd* aktiv sind.

Hintergrundgeräusch: 70dB[A] bahntypisch (Reisenden, Zugbetrieb)

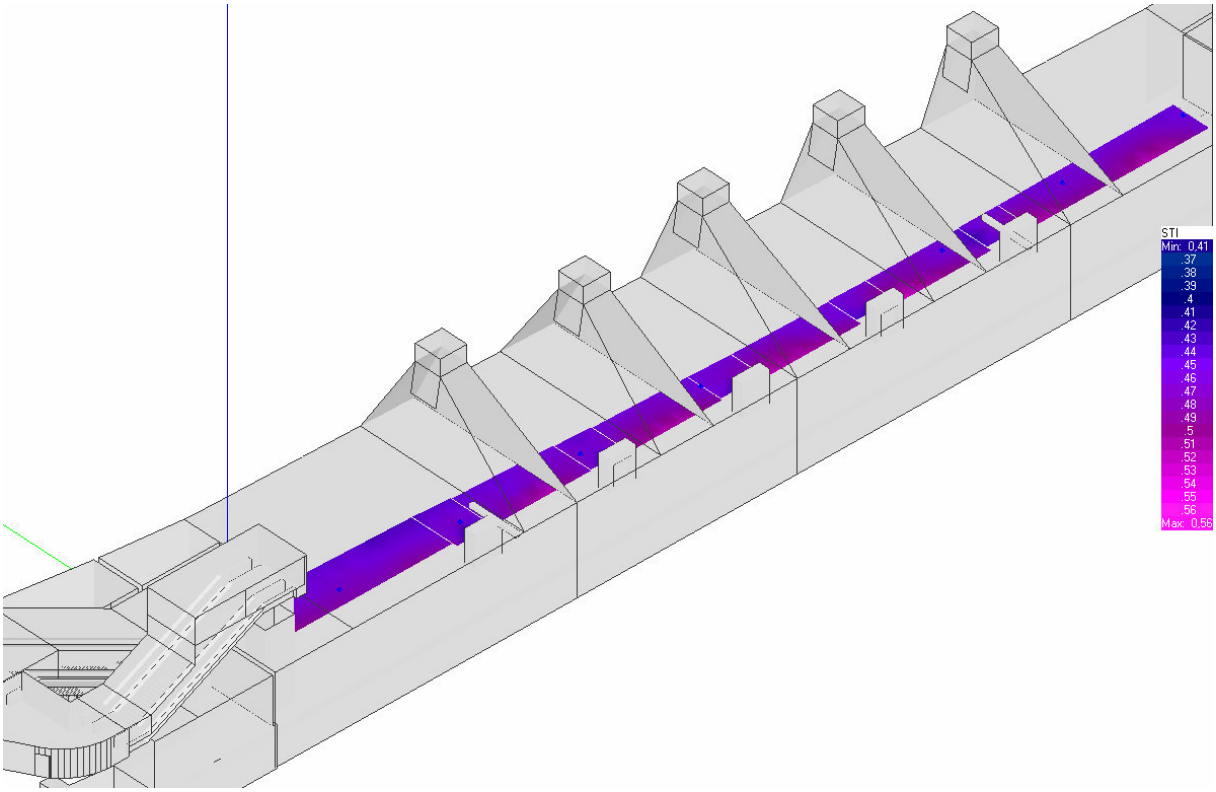


Abbildung 73: Variante 2 - Gleiskante Süd aktiv - STI 3D Verteilung an Gleiskante Nord, 70dB[A] Hintergrund

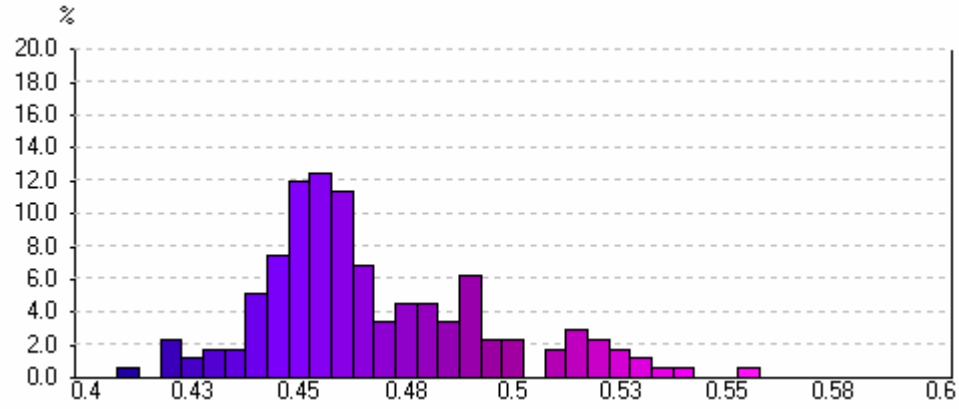


Abbildung 74: Variante 2 - Gleiskante Süd aktiv - STI Histogramm Gleiskante Nord, 70dB[A] Hintergrund

Die Reisenden an der benachbarten Gleiskante *Nord* verstehen die Ansage der Gleiskante *Süd* mit gemittelt STI= 0,47 immer noch ausreichend aber wesentlich schlechter als die Ansage der eigenen Gleiskante, was auch erwünscht ist. Im

Übergangsbereich zwischen Gleiskante *Süd* und *Nord* wird ein deutlicher Qualitätsunterschied zu hören sein. In dieser Betrachtung ist die Beschallung an der Gleiskante *Nord* inaktiv. Der Sprachverständlichkeitsunterschied von der einen zur anderen Gleiskante beträgt somit 0,09 STI.

9.3.1.4 Gesamtschalldruck (Übersprechen) auf der benachbarten Gleiskante Nord

Nachfolgende Abbildung verdeutlicht das Übersprechen der Lautsprecher von Gleiskante *Süd* auf die unbeschallte Gleiskante *Nord*.

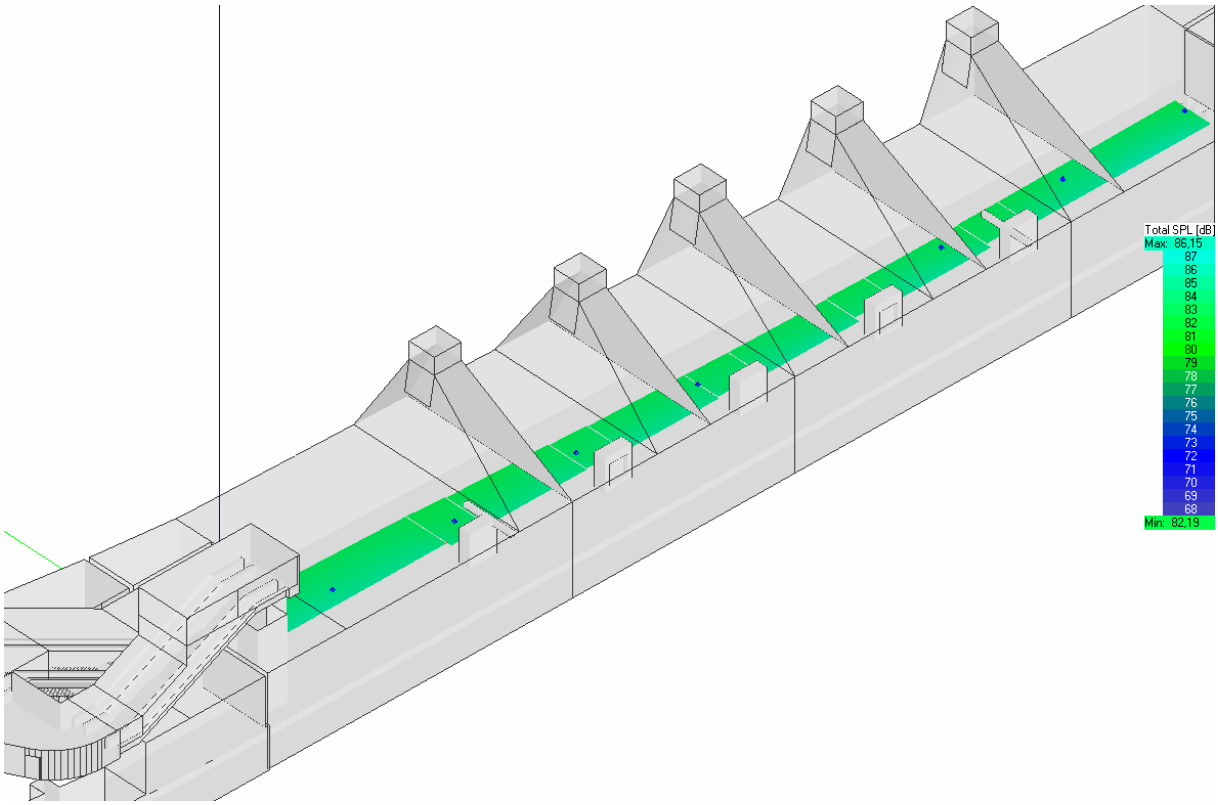


Abbildung 75: Variante 2 - Gleiskante Süd aktiv - TotalSPL 3D Verteilung Gleiskante Nord

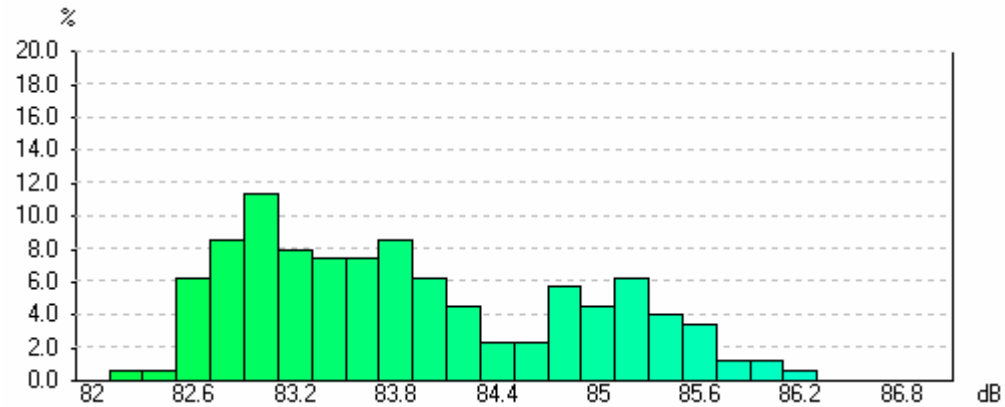


Abbildung 76: Variante 2 - Gleiskante Süd aktiv - TotalSPL Histogramm Gleiskante Nord

Durch das akustische Übersprechen wird an der Zuhörerfläche von Gleiskante *Nord* ein Gesamtschalldruck von gemittelt 84dB[A] erzeugt. Allein durch die spezifische Richtcharakteristik des Intellivox H90 Lautsprechers wird das Schallfeld an der inaktiven Gleiskante *Nord* um 5dB geringer sein als an der aktiven Gleiskante *Süd*. Die horizontal definierte Abstrahlung richtet das Signal auf die Hörfläche und vermeidet die Beschallung angrenzender Flächen. Am Übergangsbereich zwischen Gleiskante *Süd* und *Nord* wird bereits ein Pegelunterschied zu hören sein. In dieser Betrachtung ist keine Beschallung an der Gleiskante *Nord*.

Achtung:
Der erzielbare Gesamtschalldruck ändert sich in Abhängigkeit vom Messsignal:

Rosa Rauschen, 6dB Crestfaktor	84dB[A]
STIPa Rauschen, 9dB Crestfaktor	81dB[A]
Sprache bei Alarmierung ohne Kompressor, ca. 12dB Crestfaktor	78dB[A]

9.3.1.5 Zusammenfassung Fall 1: Gleiskante Süd aktiv, Gleiskante Nord inaktiv

Die Lautsprecher einer Gleiskante erzeugen bei einer Sprachdurchsage einen Schalldruck von 89dB[A] an der eigenen Gleiskante und einen Schalldruck von 84dB[A] an der benachbarten Gleiskante. Die Schalldruckdifferenz beträgt 5dB.
Bei der selektiven Beschallung von einer der Gleiskanten des Mittelbahnsteigs wird die Durchsage an der aktiven Gleiskante mit einer minimalen Sprachverständlichkeit STI von 0,56 gut verstanden und an der benachbarten Gleiskante mit einer minimalen Sprachverständlichkeit STI von 0,47 ebenso verstanden aber viel schlechter.

9.3.2 Fall 2: gleichzeitige Beschallung der Gleiskanten Süd und Nord

9.3.2.1 Sprachverständlichkeit der Ansage der Gleiskante Süd an der Zuhörerfläche Gleiskante Süd

Wie unter Simulationsschritt 2 berechnet ist die Ansage einer aktiven Gleiskante an der benachbarten Gleiskante mit 84dB[A] zu hören. Dieser Schalldruck ist zusätzlich zum bahntypischen Hintergrundgeräusch dazu zu zählen.
Somit ist das Hintergrundgeräusch einer gleichzeitigen Beschallung mit gleichem Audioinhalt gleich dem Summenschalldruckpegel aus bahntypischen Hintergrundgeräusch (70dB[A]) und dem gedämpftem Schalldruckpegel der Ansage (Sprachsignal) einer aktiven und benachbarten Gleiskante (84dB[A]) und ergibt ein neues Hintergrundgeräusch von 84dB[A].

Die Verteilung der Sprachverständlichkeit der Ansage an Gleiskante *Süd*, gestört durch die Ansage an Gleiskante *Nord*, ist in nachfolgender Abbildung gezeigt.

Hintergrundgeräusch:	84 dB[A] erzeugt durch die Ansagen der Gleiskante *Nord* zusammen mit dem bahntypischen Hintergrundgeräusch

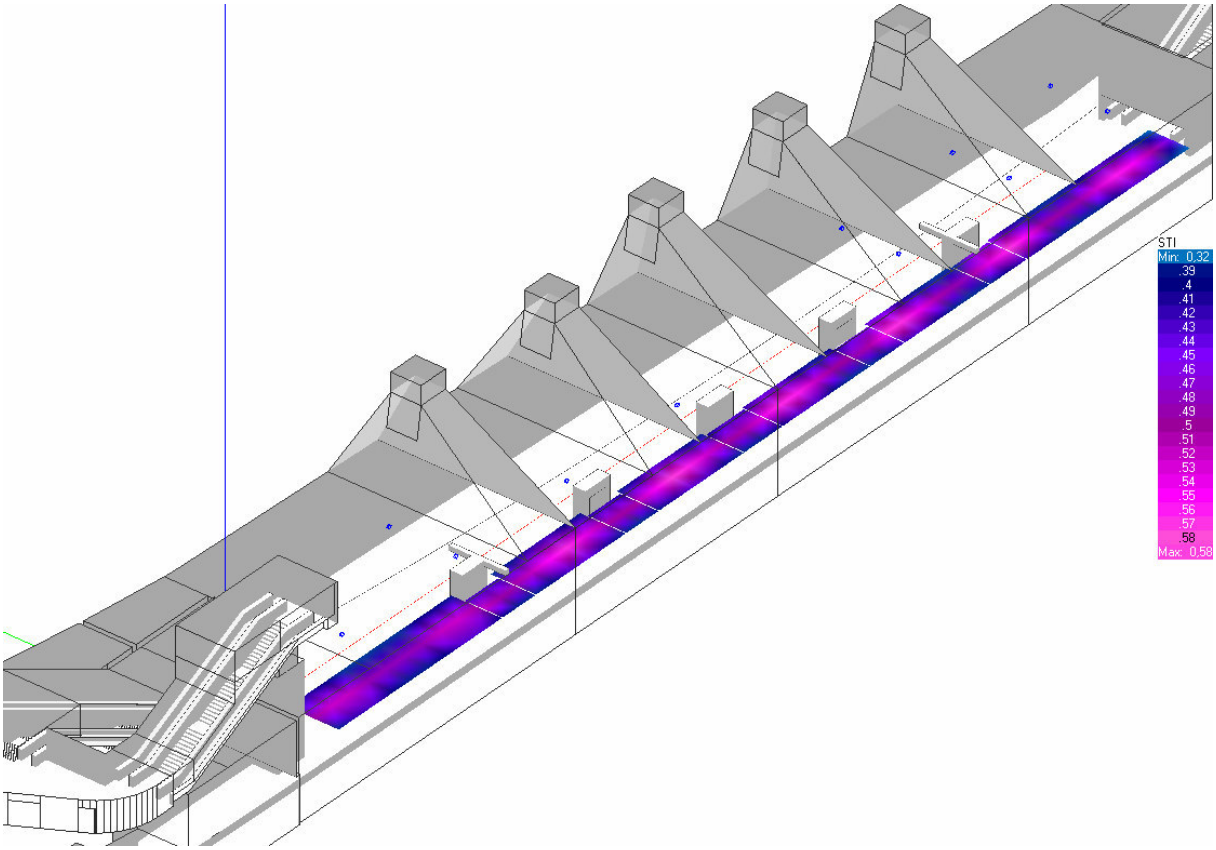


Abbildung 77: Variante 2 - Gleiskanten Süd und Nord aktiv - STI 3D Verteilung Ansage Gleiskante Süd, 84dB[A] Hintergrund

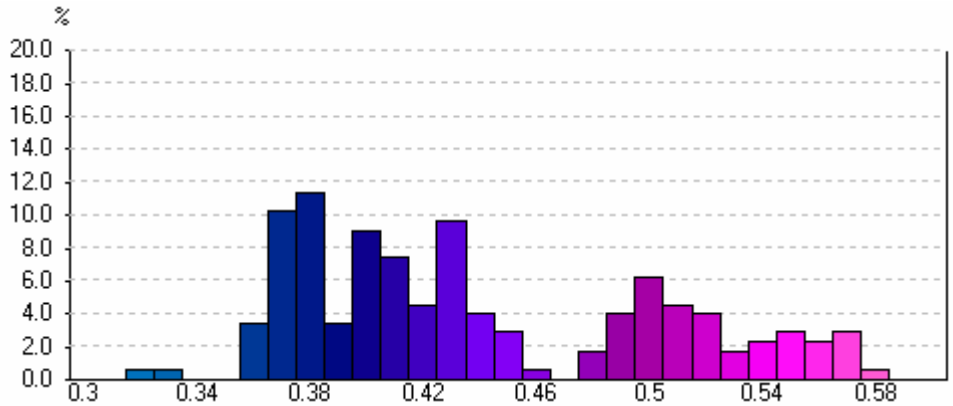


Abbildung 78: Variante 2 - Gleiskanten Süd und Nord aktiv - STI Histogramm Ansage Gleiskante Süd, 84dB[A] Hintergrund

Der geringere Signal-Stör-Abstand von 5dB (89dB[A]-84dB[A]) an der aktiven Gleiskante Gleis *Süd* bei einer gleichzeitigen Ansage an Gleiskante Gleis *Nord* führt zu einer Verschlechterung der Sprachverständlichkeit von 0,56STI (ohne gleichzeitige Ansage) auf 0,44STI.
Da der Schall vom Lautsprecher sehr stark gebündelt wird, ist der Schalldruck direkt unterhalb der Zeilen maximal und fällt seitlich rapide ab. Da das Übersprechen von der ebenso aktiven benachbarten Gleiskante sehr hoch ist, ist das S/N an den Seiten der Zuhörerflächen kleiner als direkt unter die Zeilen. Darum sinkt die mittlere Sprachverständlichkeit von 0,56 STI bei 70dB(A) Hintergrundgeräusch (Fall1) auf 0,44 STI bei 84dB(A) Hintergrundgeräusch (Fall 2).

9.3.2.2 Sprachverständlichkeit der Ansage der Gleiskante Nord an der Zuhörerfläche Gleiskante Süd

Die Zuhörerfläche an Gleiskante *Süd* bildet hierbei nicht die STI-Werte der Ansage an Gleiskante *Süd* ab, sondern zeigt die zu erwartenden Sprachverständlichkeitswerte der Ansage der Gleiskante *Nord* auf der Zuhörerfläche Gleiskante *Süd* (siehe Abbildung 79) bei gleichzeitiger Beschallung beider Gleiskanten.
In diesem Fall ist das Störgeräusch gleich der logarithmischen Summe des bahntypischen Hintergrundgeräuschs 70dB[A] mit dem im Abschnitt 5.4.1.29.3.1.2 berechneten Gesamtschalldruck von 89dB[A], erzeugt durch die Ansage der Gleiskante *Süd* an der Zuhörerfläche der Gleiskante *Süd* zu setzen.

Hintergrundgeräusch: Süd	88,6dB[A] erzeugt durch Ansagen der Gleiskante und bahntypischen Hintergrundgeräusch

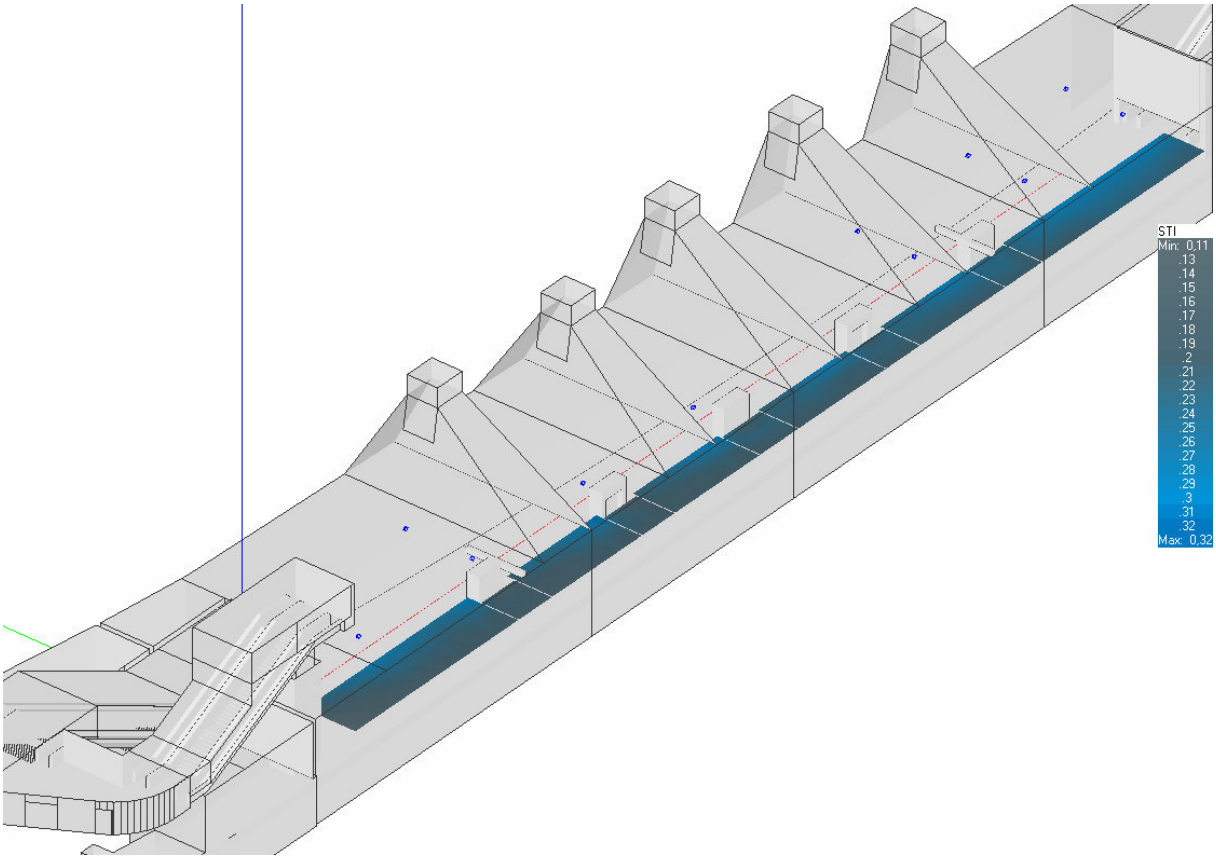


Abbildung 79: Variante 1 - Gleiskanten Süd und Nord aktiv - STI 3D Verteilung Ansage Gleiskante Nord auf Gleiskante Süd, 88,6dB[A] Hintergrund

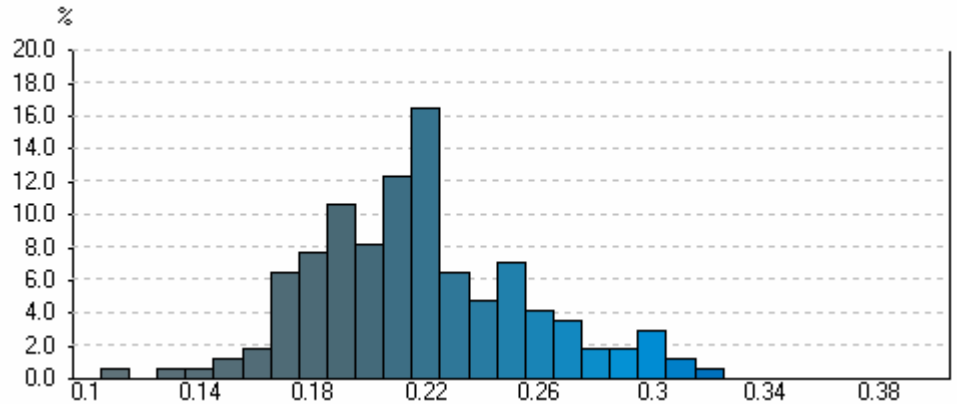


Abbildung 80: Variante 1 - Gleiskanten Süd und Nord aktiv - STI Histogramm Ansage Gleiskante Nord auf Gleiskante Süd, 88,6dB[A] Hintergrund

Bei zwei gleichzeitigen Ansagen an Gleiskante Süd sowie Gleiskante Nord wird die Ansage von Gleiskante Nord an der Gleiskante Süd nicht mehr zu verstehen sein, da die Ansage von Gleiskante Gleis Nord an Gleiskante Süd eine Sprachverständlichkeit von 0,22 STI erzeugt.

9.3.2.3 Zusammenfassung Fall 2: gleichzeitige Beschallung Gleiskanten Süd und Nord

Das bedeutet: bei gleichzeitiger Beschallung beider Gleiskanten wird der Reisende die Durchsagen seiner Gleiskante mit 0,44 STI schlecht verstehen. Die parallele Durchsage der Nachbargleiskante wird mit nur noch 0,22 STI unverständlich für ihn sein.